INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología

Organizadora:

Amanda Fernandes Pereira da Silva

Atena Editora

Ano 2023

INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología

Organizadora:
Amanda Fernandes Pereira da Silva

Atena
Editora
Ano 2023

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

DECLARAÇÃO DA EDITORA

La producción de artículos académicos en la tríada de ingeniería, tecnología y desarrollo representa la base del progreso científico contemporáneo. Estos vehículos de comunicación científica son cruciales para la difusión del conocimiento, permitiendo la validación y mejora de ideas y descubrimientos. A través de rigidez metodológica y fundamentos teóricos, dichos artículos brindan credibilidad y confiabilidad a los avances científicos alcanzados.

En el contexto de la ingeniería, los artículos académicos materializan la esencia de la innovación y el desarrollo tecnológico. Estos documentos son el vehículo principal para difundir nuevos métodos, materiales y proyectos, permitiendo la replicabilidad y la aplicación práctica de las soluciones propuestas. Además, permiten la construcción de un cuerpo de conocimientos coherente y evolutivo, crucial para el progreso de la disciplina.

La tecnología, a su vez, encuentra en la producción de artículos académicos la validación de sus aplicaciones y la demostración de su efectividad. A través de experimentación controlada y análisis detallado, los artículos proporcionan un marco crítico para evaluar y mejorar las tecnologías emergentes. Este proceso contribuye decisivamente a la selección y adaptación de las soluciones tecnológicas más adecuadas para satisfacer demandas específicas.

En el contexto del desarrollo, los artículos académicos consagran las estrategias y políticas que impulsan el progreso socioeconómico. Al documentar los resultados de las intervenciones y políticas, dichos artículos proporcionan una base empírica esencial para guiar las decisiones y acciones futuras. De esta manera, catalizan la optimización de los recursos invertidos, promoviendo un desarrollo sostenible y equitativo.

En resumen, la elaboración de artículos académicos en el campo de la ingeniería, la tecnología y el desarrollo no es sólo un ejercicio académico, sino un imperativo para el avance de la sociedad contemporánea. Estos registros científicos son los pilares que sustentan la evolución de la ciencia aplicada, brindando un legado de conocimiento sólido y progreso sostenido para las generaciones futuras que se puede ver en este trabajo.

¡Buena lectura!

Amanda Fernandes Pereira da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

CARGADOR DE MÓVIL PARA BICICLETAS

Alfonso Jorge Quevedo Martínez
Martín Hernández Hernández
Esiquio Martin Gutiérrez Armenta
Marco Antonio Gutiérrez Villegas
Israel Isaac Gutiérrez Villegas

https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324101

CAPÍTULO 2 7

COMPARATIVO DEL SECADO SOLAR Y HORNO ELÉCTRICO MEDIANTE UN ESTUDIO DE COLORIMETRÍA EN PLANTAS AROMÁTICAS

Margarita Castillo Téllez
Beatriz Castillo Téllez
Diana C. Mex Álvarez
Gerardo A. Mejía Pérez
Julio A. Gutiérrez González
Joahan J Garcia Narvaez

https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324102

CAPÍTULO 3 17

ELECTRODOS DE SILICIO AMORFO PARA BATERÍAS DE ION-LITIO

Barrio R.
González N.
Morant C.

https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324103

CAPÍTULO 4 32

ESTUDIO DE LA CONVECCIÓN MIXTA ALREDEDOR DE UN CILINDRO PARA UN FLUIDO NO NEWTONIANO

José Melesio Sánchez Huerta
Luis Arturo Navarro Baena

https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324104

CAPÍTULO 5 44

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ÁCIDO OXÁLICO DURANTE EL PROCESO DE CONGELADO DE LA OCA (*oxalis tuberosa* Mol) EN EL PROCESAMIENTO DE LA KCAYA

Olivia Magaly Luque Vilca
Lenin Quille Quille
Rocio Maritza Escarcena Quispe
Noe Benjamin Pampa Quispe
Tania Jakeline Choque Rivera
Carlos Ricardo Hanco Cervantes
Yimy Hancco Cayllahua
Edgardo Martín. Figueroa Donayre
Jhon Richard Huanca Suaquita

https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324105

CAPÍTULO 6 55

LOS MEMES COMO RECURSO EN LA FORMACIÓN DE COMPETENCIAS PROFESIONALES: CREATIVIDAD E IMAGINACIÓN

Javier Eduardo Viau
Maria Alejandra Tintori Ferreira
Natalia Vanesa Bartels
Carmen Benitez

https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324106

CAPÍTULO 7 62

MODELO EMPÍRICO PARA ESTIMAR VALORES DE ÍNDICE ULTRAVIOLETA

Ciro William Taipe Huamán
Matias Huillca Arbieto
Eva Genoveva Mendoza Mamani
Leandro Paucara Cahuana
Marisol Rojas Barreto
Russel Allidren Lozada Vilca
Valeriano Pari Torres

https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324107

CAPÍTULO 8 70

PERCEPCIÓN SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS EN EL SECTOR HOTELERO DE VALLADOLID, YUCATÁN

Delghi Yudire Ruiz Patrón
Jesús Antonio Santos Tejero
Mirna Yamili Yam Puc
José Efraín Ramírez Benítez

https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324108

CAPÍTULO 9 84

RELEVAMIENTO DE PERCEPCIONES SOBRE LA VIRTUALIDAD PARA DECISIONES DE GESTIÓN EN PANDEMIA COVID-19

María Velia Artigas
Stella Maris Figueroa
Guillermo Lombera
Lucrecia Moro
Diego Paladino
Leticia María Seijas

https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324109

CAPÍTULO 10..97

MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS EN LA ESTRUCTURA DE UN TECHO: ESTUDIO DE CASO

Amanda Fernandes Pereira Da Silva

CARGADOR DE MÓVIL PARA BICICLETAS

Data de submissão: 14/09/2023 *Data de aceite: 02/10/2023*

Alfonso Jorge Quevedo Martínez
Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Departamento de Administración, Área de Matemáticas y Sistemas
Av. San Pablo 420 Col. Nueva El Rosario Alcaldía Azcapotzalco, C.P. 02128, Ciudad de México.

Martín Hernández Hernández
Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Departamento de Administración, Área de Matemáticas y Sistemas
Av. San Pablo 420 Col. Nueva El Rosario Alcaldía Azcapotzalco, C.P. 02128, Ciudad de México.

Esiquio Martin Gutiérrez Armenta
Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Departamento de Sistemas
Av. San Pablo 420 Col. Nueva El Rosario Alcaldía Azcapotzalco, C.P. 02128, Ciudad de México.

Marco Antonio Gutiérrez Villegas
Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Departamento de Sistemas
Av. San Pablo 420 Col. Nueva El Rosario Alcaldía Azcapotzalco, C.P. 02128, Ciudad de México.

Israel Isaac Gutiérrez Villegas
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Avenida Instituto Politécnico Nacional s/n Edificio 9 Unidad Profesional “Adolfo López Mateos” Col. San Pedro Zacatenco Del, Nueva Industrial Vallejo, Gustavo A. Madero, C.P. 07738 Ciudad de México

RESUMEN: El trabajo pretende realizar un prototipo de generación de energía eléctrica utilizando un dinamo acoplado a una bicicleta, y a un circuito que rectifique la corriente, con el fin de cargar equipos móviles que requieren un voltaje de cinco volts. Cabe mencionar que en el siglo pasado se empezó a observar un problema en el cambio climático, pero hasta nuestros días apenas se ha puesto atención a este problema que afecta a la población y a las futuras generaciones, de aquí la necesidad de realizar cambios, que contribuyan a atenuar este problema, como habitantes de la Ciudad de México se debe tener una conciencia hacia estos problemas ya que difícilmente vemos lo que pasa fuera de nuestra ciudad, donde se ven los cambios más notorios de este. La Ciudad de México cuentan con una Ley de Movilidad que contempla la movilidad sustentable, en

las cuales consideran, al peatón, los ciclistas y usuarios de transporte público. De estos medios de movilidad anteriormente mencionados cabe resaltar el uso de la bicicleta, ya que es una alternativa para el desplazamiento que permitirá disminuir la carga de vehículos en las vialidades. La intención es que las instituciones de Educación Superior colaborando en el mejoramiento del ambiente, la Universidad Autónoma Metropolitana cuenta con un programa social llamado **"te presto una bici"**, Apoya a alumnos para realizar la trayectoria casa-universidad-casa prestándoles una bicicleta durante el trimestre. Esta es una práctica ecológica, promueve la disminución del dióxido de carbono CO_2, es de fácil manejo, mejora la salud física y emocional. El trabajo se enfoca en generar energía eléctrica utilizando un dinamo. Que convierta la energía mecánica en energía eléctrica alterna y mediante un dispositivo electrónico convertirla en corriente continua de 5 volts, por ejemplo, para cargar dispositivos con puerto USB (unidad de almacenamiento de información) como iPod (reproductor multimedia portátil), powerbank (batería externa portátil), GPS (sistema de posicionamiento global), y teléfonos celulares.
PALABRAS CLAVES: Cambio climático, dióxido de carbono, bicicleta, electricidad, transporte, dinamo.

MOBILE CHARGER FOR BICYCLES

ABSTRACT: The work intends to make a prototype of electric power generation using a dynamo coupled to a bicycle, and a circuit that rectifies the current, in order to charge mobile equipment that requires a voltage of five volts. It is worth mentioning that in the last century a problem in climate change began to be observed, but until today little attention has been paid to this problem that affects the population and future generations, hence the need to make changes that contribute To mitigate this problem, as inhabitants of Mexico City, we must be aware of these problems since we hardly see what happens outside our city, where the most noticeable changes are seen. Mexico City has a Mobility Law that contemplates sustainable mobility, in which they consider pedestrians, cyclists and users of public transport. Of these previously mentioned means of mobility, the use of the bicycle should be highlighted, since it is an alternative for displacement that will reduce the load of vehicles on the roads. The intention is that the institutions of Higher Education collaborate in the improvement of the environment, the Autonomous Metropolitan University has a social program called "I lend you a bike", It supports students to carry out the path home-university-home by lending them a bicycle during the trimester. This is an ecological practice, it promotes the reduction of carbon dioxide CO2, it is easy to handle, it improves physical and emotional health. The work focuses on generating electrical energy using a dynamo. That converts mechanical energy into alternating electrical energy and through an electronic device converts it into direct current of 5 volts, for example, to charge devices with a USB port (information storage unit) such as iPod (portable multimedia player), powerbank (external battery laptop), GPS (global positioning system), and cell phones.
KEYWORDS: Climate change, carbon dioxide, bicycle, electricity, transportation, dynamo.

1 I INTRODUCCIÓN

Un generador eléctrico conocido como Dinamo (comercialmente su voltaje de salida es de doce volts y seis watts) que produce energía mediante la inducción electromagnética en una bobina, es una fuente de corriente alterna, la cual sufre cambios de polaridad en cada ciclo de tiempo esta es obtenida por medio del rodamiento de la rueda que es energía mecánica.

Mediante el proceso de transformación de una corriente bidireccional a una unidireccional conocido como rectificación haciendo el uso del rectificador se puede hacer el cambio de corriente alterna a corriente directa. Sin embargo, después de ese proceso de rectificación hay una etapa de filtración en una serie de condensador, los cuales podrán hacer cada vez más constante y limpio el potencial eléctrico.

A diferencia de una corriente alterna, en una corriente directa, las cargas eléctricas fluyen en el mismo sentido de manera constante, moviéndose de polo negativo a polo positivo en el trayecto de un circuito. Esta última es la corriente necesaria para generar un voltaje de cinco volts, que es adecuado para cargar un dispositivo electrónico móvil como celulares y Tabletas.

2 I METODOLOGÍA O DESARROLLO

se diseñará y construcción de un cargador ecológico que obtenga energía eléctrica de un dinamo de bicicleta. Para cargar un teléfono celular mediante un dinamo conectado a un circuito electrónico, Optimizar el diseño del circuito convirtiéndolo en un producto de fácil manipulación para cualquier usuario. Abaratar costos de este.

Considerando que el producto a vender se enfoca a las personas que utilizan celular y bicicletas, la principal delimitación serie las zonas rurales que no cuentan la mayoría de las veces, en la república mexicana en este caso, con recursos tanto humanos como tecnológicos para la inversión de nuestro proyecto.

Por lo que el enfoque principal sería en zonas urbanas en crecimiento y ciudades principales de cada estado, ya que estas tienen un aumento drástico habitante obligando el cambio de transporte como carro o camiones al de bicicleta; también se observa que las zonas urbanas mencionadas son las que presenta una mayor concentración de teléfonos celulares.

3 I COSTO-BENEFICIO:

Entre los factores a considerar para la producción de este cargador de celular este que los materiales salen más caros al menudeo que comprarlos al mayoreo. Por esta razón el precio va a variar.

En la Tabla (1) se muestran los precios de cada uno de los componentes.

Materiales	Precio
Dinamo AXA Aluminium Right Dynamo	$192
Regulador de voltaje 7805	$16.98
Disipador alerta	$25.00
Capacitador 1000 micros 25 V	$7
Capacitador 0.1 micros	$2
Puerto USB	$12
Puente rectificador	$17.72
Placa para soldar perforada	$19
Thermofitķ 1/16	$7.00
Led	$4.90
Mano de obra	$172.87 (salario mínimo)
Total	$334.18

Tabla 1. materiales usados y precio por unidad

Los precios de la competencia rondan de 501 a 656 pesos, lo cual nos indican que el costo del producto se redujo entre un 31% y un 46%.

Además, otro factor costo-beneficio a destacar es que no hay un gasto monetario a largo plazo en casa, debido a que no se está usando el cargador de corriente del teléfono, el cual utiliza una cierta cantidad de corriente eléctrica.

De igual forma este dispositivo puede ser usado para cargar el celular mediante las máquinas para hacer ejercicio en un gimnasio.

En la Figura (1) Muestra el Dinamo que realiza la fricción con la llanta entre estos dos convierten la energía mecánica en corriente directa.

Figura. 1 muestra la colocación del Dinamo en la llanta trasera marca AXA Aluminium Right Dynamo

3.1 Diseño del circuito.

El voltaje que requiere un teléfono celular es de corriente directa, como el dínamo proporciona corriente alterna, es necesario convertir la corriente directa. Para esto se utiliza una etapa de rectificación donde realizamos la conversión de voltaje que requerimos.

Para la etapa de rectificación, se utilizó un puente rectificador que puede manejar hasta 100 voltios de amplitud con corrientes de hasta un amperio. Ver Figura (2)

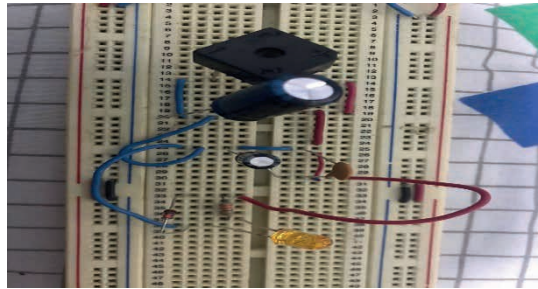



Figura. 2 muestra los componentes electrónicos en un protoboard

En la etapa de Filtrado, se usaron capacitores electrolíticos de valores grandes para reducir el rizo de la señal rectificada, éstos almacenan carga cuando el voltaje está subiendo y la entregan cuando el voltaje baja. En el diseño del circuito se colocó un capacitor de 35 V de voltaje de trabajo, en paralelo con las terminales positiva y negativa del puente.

Para la etapa de regulación de voltaje, se utilizó el circuito regulador de voltaje, el cual es un circuito regulador de tres terminales que entrega 5 voltios a su salida y puede suministrar una corriente de salida de hasta 1.5 Amperes.

Finalmente, el circuito cargado fue probado en diferentes teléfonos celulares, Figura (3) se muestra el armado y sus respectivas componentes electrónicas.

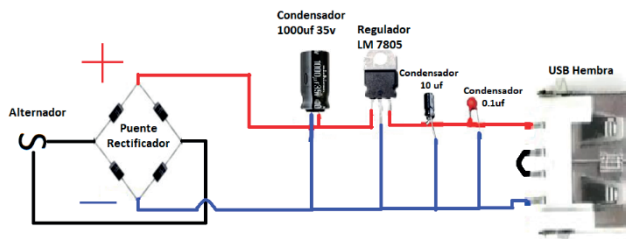



Figura. 3. Esquema general del circuito del cargador

4 | RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se obtuvo un cargador a bajo costo, a comparación con los comerciales, así que se podría reproducir en serie para su venta. bicicletas en zonas urbanas para disminuir el tránsito que provoca emisiones de gases contaminantes que afectan a cualquier ser vivo. otro beneficio es la disminución de energía utilizada al momento de cargar un teléfono de forma convencional. También de considerar el hábito de hacer ejercicio para tener una buena salud, es bien sabido que México es uno de los países con un mayor índice de obesidad debido a los malos hábitos de alimentación.

5 I CONCLUSIONES

El cargador de celular ecológico se probó cargando dos teléfonos celulares el Motorola Z2 Play y Alcatel One los cuales marcaban una carga lenta. Se intenta el aumento del uso de El Motorola Z2 Play cargó 1% en 8.15 minutos, mientras que el Alcatel One cargo 1% en 5.8 minutos. Tomando en cuenta que en la actualidad las pantallas de los teléfonos con alta resolución tienen una demanda mayor de cantidad de energía en la batería de los celulares.

REFERENCIAS

[1] Sánchez, C. S. (2012). Administración y estrategias de precios. (J. M. Chacón, Ed.) México, D.F., Delegación Álvaro Obregón, México: McGRAWHILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

[2] López Gómez, Lizbeth (2018), "La bicicleta como medio de transporte en la Movilidad Sustentable", Cuadros Analíticos de Propuestas Legislativas No. 23, Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República, México, pp 14.

[3] Lic. Ramírez Marín Jorge Carlos. (2014). Secretaria de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU) Estrategia Nacional de Movilidad Urbana Sustentable. http://ceci.itdp.mx/assets/downloads/Sedatu-EMUS.pdf

[4] Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica. AÑO 7. No. 7. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2022 – AGOSTO 2023.

CAPÍTULO 2

COMPARATIVO DEL SECADO SOLAR Y HORNO ELÉCTRICO MEDIANTE UN ESTUDIO DE COLORIMETRÍA EN PLANTAS AROMÁTICAS

Data de aceite: 02/10/2023

Margarita Castillo Téllez
Universidad Autónoma de Campeche
Facultad de Ingeniería
San Francisco de Campeche, Campeche

Beatriz Castillo Téllez
Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Tonalá
Guadalajara, Jalisco

Diana C. Mex Álvarez
Universidad Autónoma de Campeche
Facultad de Ingeniería
San Francisco de Campeche, Campeche

Gerardo A. Mejía Pérez
Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Tonalá
Guadalajara, Jalisco

Julio A. Gutiérrez González
Universidad Autónoma de Campeche
Facultad de Ingeniería
San Francisco de Campeche, Campeche

Joahan J Garcia Narvaez
Universidad Autónoma de Campeche
Facultad de Ingeniería
San Francisco de Campeche, Campeche

RESUMEN: Desde hace miles de años, los seres humanos han utilizado cientos de plantas medicinales para tratar enfermedades, así como aromáticas para el uso gastronómico. Actualmente se conocen muchas especies con características importantes para aliviar muy diversos problemas de salud, principalmente en las áreas rurales, donde la utilización de estos recursos es muy elevada, incluso llega a sustituir casi de manera completa a la medicina científica. En este trabajo se presenta la deshidratación de plantas medicinales y aromáticas que se cultivan en el Estado de Campeche mediante tecnologías solares directas e indirectas con el fin de evaluar la influencia del flujo de aire y temperatura en el color del producto final mediante la escala L*a*b*, analizándose durante el proceso de secado la actividad de agua y humedad. Los resultados experimentales mostraron que el secador solar directo con convección forzada presenta un cambio poco significativo de color en un tiempo de secado de 7 horas en promedio, garantizando la nula proliferación bacteriana y alcanzando una humedad final entre 9 % y 11 %.

PALABRAS CLAVE: Secado solar, Escala CIELAB, Colorimetría, Cinética de secado

1 I INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los registros históricos, el cultivo de plantas aromáticas y medicinales es tan antiguo como el propio ser humano, ya que, desde la antigüedad se ha sacado provecho a la herboristería desde aplicaciones medicinales hasta el uso de las mismas de manera aromática y para enriquecer los sabores en nuestra gastronomía mexicana.

El uso dado a cada una de las plantas comenzó con la clasificación en plantas con propiedades curativas y aquellas que poseen un agradable aroma. Si bien, no todas las plantas aromáticas son medicinales ni viceversa. Sin embargo, según estudios, se ha encontrado que aproximadamente un 80% de las especies vegetales resultan pertenecer a ambas clasificaciones, cumpliendo con propiedades tanto curativas como medicinales.

Tenemos como primer ejemplo de ellas a la Hierbabuena (*Mentha sativa L.)* ofreciendo un fuerte aroma debido al mentol (componente de sus aceites esenciales) que la distingue de las demás plantas, por lo que es excelente para la gastronomía, obtención de su esencia, como aromatizante en repostería y a su vez contando con propiedades antiespasmódicas, antisépticas, colerético, analgésico, entre muchas más.

Como segundo ejemplo tenemos a la Menta (*Mentha x piperita L*) con propiedades antiespasmódicas y antisépticas, de gran provecho en el tratamiento de enfermedades respiratorias, estomacales y del hígado al igual que en alteraciones cardiacas e hipertensión, pero de igual manera con características aromáticas que permiten utilizarla en la industria de alimentos, para la preparación de vinagres aromáticos e incluso en cosméticos debido a su alto contenido de mentol que es el principal responsable de su aroma.

Ambas plantas son pertenecientes al grupo de las herbáceas y arbustos debido a que pueden o no formar madera, contando con tejidos tiernos en el caso del primer grupo.

2 I DATOS Y METODOLOGÍA

Se presenta el estudio experimental del proceso de secado de dos plantas, analizando las hojas de hierbabuena (Mentha sativa L.) y las hojas de menta (Menta x piperita L), elegidas debido a que son clasificadas como plantas aromáticas y a su vez cuentan con propiedades medicinales.

El objetivo principal de este estudio es el de analizar las condiciones de su secado con respecto de su colorimetría. Esto se logró gracias a tecnologías solares que, en este caso se optó por un secador solar tipo gabinete debido a que la radiación directa es el principal factor que afecta la coloración de las hojas, y un secador convencional con calentamiento eléctrico no convectivo a una temperatura aproximada de 55 °C, ya que ésta es la temperatura óptima de secado en hojas.

Se seleccionaron hojas maduras de las plantas para proceder a cortar y separarlas de las ramas y así obtener un grupo homogéneo. Los factores de selección fueron la

frescura, madurez y color de las hojas. Seguidamente se lavaron y pesaron para medir el ancho, largo y espesor. Y en ambos secadores se registraron tanto el peso y tamaño de las muestras, como la temperatura alcanzada al interior y exterior (ambiente), la irradiancia solar y la humedad relativa.

Colorimetría y sistema CIELAB

Como parte de la metodología y para lograr describir el comportamiento de los parámetros climatológicos que influyen en el secado y deshidratación se presenta el estudio de la colorimetría, ciencia que estudia la medida de los colores y las técnicas se basan en la medida de la absorción de radiación en la zona visible por muestras o sustancias coloradas. Existe el sistema CIELAB que es normalmente utilizado para determinar los colores cuando de alimentos se trata, en él, la L* representa el centro del eje, definiendo la claridad y mostrando L=0 (negro o absorción total) en el fondo, la a* denota el valor rojo-verde, corriendo de izquierda a derecha y la b* el valor amarillo-azul, representando un cambio que corre hacia el color amarillo.

De igual manera se presenta el estudio de las cinéticas y velocidad de secado, así como el contenido de humedad obtenidas en ambos tipos de secadores para finalmente correlacionar ambos resultados con los parámetros colorimétricos.

Secador solar tipo gabinete

Para el secador solar directo tipo gabinete se empleó de material plástico transparente construido con una superficie de tratamiento de 0.5 m^2. Conteniendo una cámara con una charola absorbedora de la radiación solar que permite colocar la muestra o producto. Cuenta con perforaciones en las partes del fondo, trasera y laterales que permiten la circulación y extracción del aire húmedo caliente. En la superficie frontal se tiene una pendiente de 20° que permite aprovechar la radiación solar incidente, y que la condensación y escurrimiento del agua se lleve a cabo de manera adecuada.

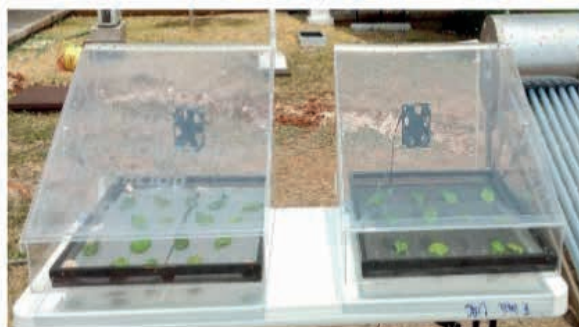



Imagen 1 Secador solar tipo gabinete

Secador convencional con calentamiento eléctrico no convectivo

Para la obtención de la cinética de secado se empleó un secador convencional con calentamiento eléctrico marca Riossa que no cuenta con convección de aire, registrándose la pérdida de peso a través de un software, variando las temperaturas de secado.

Imagen 2 Secador convencional con calentamiento eléctrico no convectivo

Instrumentación:

Peso de las muestras. Para medir el peso de las muestras se utilizó una balanza Boeco, modelo BPS40plus con una precisión de ± 0.001g.

Temperatura. Con ayuda de un termo higrómetro marca Brannan se logran tomar estas mediciones dentro de las cámaras de secado, cuentan con una precisión de temperatura y humedad relativa de ± 1°C y ± 3%, respectivamente.

Humedad. Se utilizaron dos balanzas con analizador de humedad, marca Ohaus MB45, con una precisión de ± 0.01% mg respectivamente. Para esto se colocaron muestras de aproximadamente 1.0 g y se procedió a su deshidratación para poder obtener los valores de humedad. Procedimiento realizado antes y después del secado de la hoja.

Para determinar la estabilidad de los alimentos con respecto a la humedad ambiental se utilizó un equipo de la marca Rotronic Hygropal portátil con una precisión de ± 0.01% mg.

Color. Para realizar las pruebas de medición de color tanto en las muestras frescas como en las deshidratadas, se utilizó un colorímetro digital marca Huanyu, modelo SC-10, repetibilidad ≤ 0.03 ΔE * ab.

Parámetros climatológicos. La estación meteorológica ubicada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche registró los parámetros meteorológicos a lo largo del periodo de pruebas. Las características (datos del fabricante) son los mostrados en la Tabla 1:

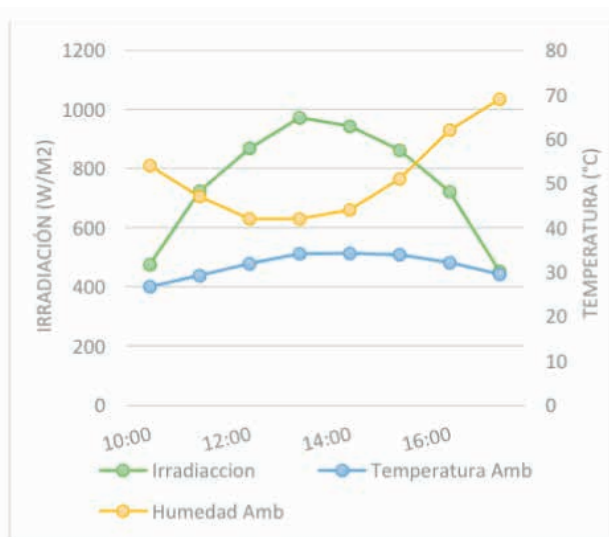
VARIABLE	DESCRIPCIÓN	MODELO	ERROR MÁXIMO
Radiación global	Piranómetro marca LI-COR	LI-200R	Azimut: < ± 1% sobre 360° a 45° de elevación
Humedad relativa	NRG Systems	RH-5X	± 3%
Temperatura ambiente	NRG Systems	110S	± 1.1°C
Dirección del viento	NRG Systems	Series #200P	± 3°
Anemómetro	Windsensor	P2546C-OPR	± 0.3 m/s

Tabla 1 Características y descripción de los instrumentos de medición de la estación meteorológica

Fuente: Elaboración propia con datos del proveedor.

3 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Secado Solar de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche. Teniendo como periodo de pruebas del 1 de marzo al 30 de junio del 2019.

En la Gráfica 1 se muestra el comportamiento de los parámetros climatológicos, tomando como referencia un día de prueba soleado, siendo el 23 de marzo en este caso. Se puede observar que la irradiancia global máxima alcanzó los 972 W/m^2, siendo el intervalo de los valores máximos promedio entre 868.7 W/m^2 y 943.5 W/m^2. Tuvimos la medición de la temperatura ambiente máxima de 34.2 °C, oscilando entre los 33.8 y 34°C como intervalo de valores máximos y siendo el promedio de 33.9°C. Por otro lado, el valor mínimo alcanzado de humedad relativa fue del 80% y el promedio mínimo en los días de prueba osciló entre 79% y 82%.

Gráfica 1 Irradiancia solar global, temperatura ambiente y humedad relativa el día 4 de abril del 2019.

Fuente: Elaboración propia

Cinéticas de Secado

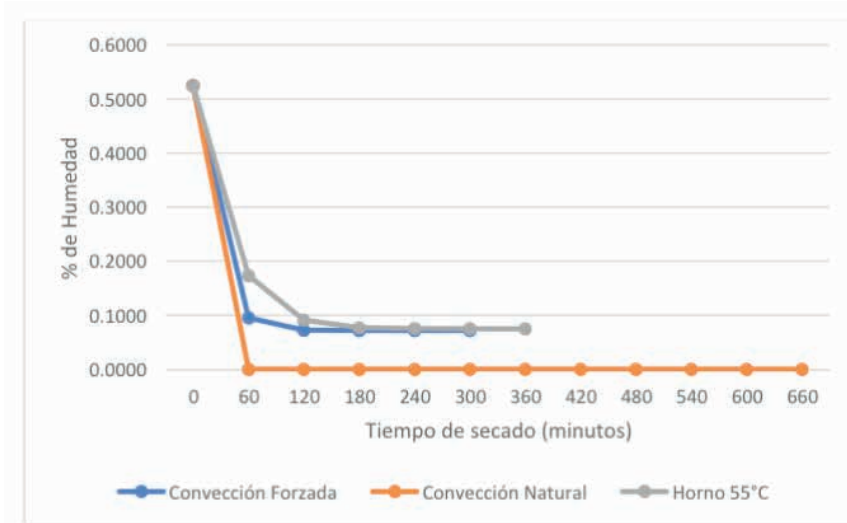
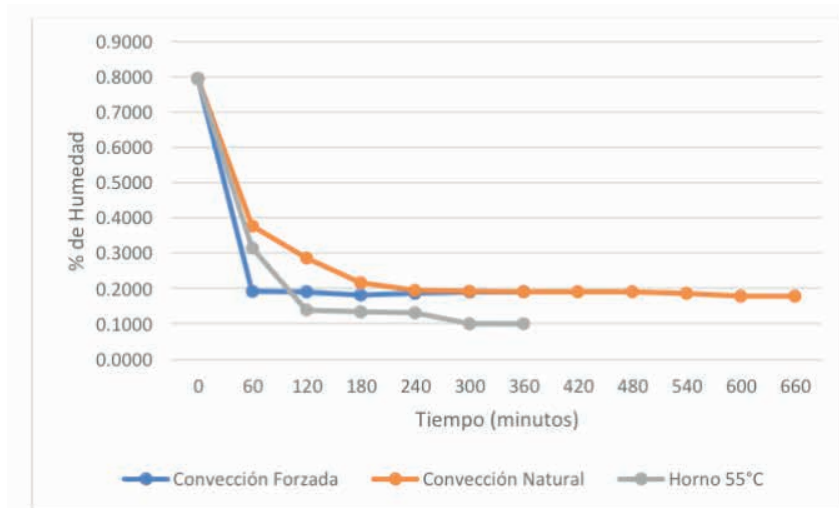
Se hicieron pruebas de deshidratación de las hojas de plantas aromáticas obteniendo las cinéticas de secado a temperaturas controladas de 55°C, en un secador solar tipo gabinete con convección natural y convección forzada, realizando tres experimentos en cada caso, empezando las cinéticas con 10 g de hojas frescas aproximadamente. En la Tabla 2, se presentan las humedades y actividad del agua iniciales y finales promedio de las hojas frescas y secas. Las humedades iniciales y finales presentaron valores dentro de los rangos reportados en la literatura como normales. Los valores finales de la aw indican que no hay posibilidad de crecimiento microbiano en el producto deshidratado obtenido.

Convección Natural

Planta aromática	**Humedad inicial (%)**	**Humedad final (%)**	**Aw inicial**	**Aw final**
Hierbabuena	79.58	8.74	0.96	0.53
Menta	81	13.57	0.95	0.56
Convección Forzada				
Planta aromática	**Humedad inicial (%)**	**Humedad final (%)**	**Aw inicial**	**Aw final**
Hierbabuena	79.58	11.03	0.96	0.5
Menta	82	11	0.95	0.4
Horno a 55°C				
Planta aromática	**Humedad inicial (%)**	**Humedad final (%)**	**Aw inicial**	**Aw final**
Hierbabuena	79.58	11.11	0.96	0.5
Menta	82	10	0.95	0.4

Tabla 2 Humedades (%) y actividad del agua (aw) para las tres temperaturas seleccionadas.

Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 2 y 3 se presenta el contenido de humedad con respecto del tiempo en las hojas de estudio. Se puede observar que, en el caso de la Hierbabuena, la cinética de secado fue más rápida con convección natural, mientras que con la Menta lo fue con convección forzada. Los tiempos de secado para ambos casos se redujeron a 120 min. Finalmente, en el caso del secador con convección forzada resultó ser más lento ya que la hierbabuena se terminó de secar a los 660 min al igual que la menta en la aplicación de este método.

Gráfica 2 Variación del contenido de humedad respecto al tiempo de secado de la Menta en condiciones controladas a 55 °C y secadores solares con convección natural y convección forzada.

Gráfica 3 Variación del contenido de humedad respecto al tiempo de secado en condiciones controladas a 55 °C y secadores solares con convección natural y convección forzada.

Estudio de Colorimetría.

Se presentan en las tablas 3 y 4 de manera resumida los resultados obtenidos en las coordenadas L*, a* y b* en los diferentes modos de operación de los secadores solares y en un horno a 55°C.

Hoja de Hierbabuena	Tecnología Solar	Medición de color en fresco		Medición de color en seco		Color	Muestra seca
FRESCA	Convección natural	L*	39.78	L*	30.02		
		a*	-5.54	a*	6.90		
		b*	20.83	b*	12.91		
	Convección forzada	L*	39.78	L*	40.64		
		a*	-5.54	a*	-1.31		
		b*	20.83	b*	14.44		
	Horno a 55°c	L*	39.78	L*	41.51		
		a*	-5.54	a*	1.46		
		b*	20.83	b*	22.26		

Tabla 3 Resultados del estudio de colorimetría obtenidos en la hoja de hierbabuena.

Fuente: Elaboración propia

Hoja de Menta	Tecnología Solar	Medición de color en fresco		Medición de color en seco		Color	Muestra seca
FRESCA	Convección natural	L*	37.8	L*	21.47		
		a*	-6.27	a*	7.46		
		b*	15.69	b*	14.26		
	Convección forzada	L*	37.8	L*	40.64		
		a*	-6.27	a*	1.31		
		b*	15.69	b*	14.44		
	Horno a 55°C	L*	37.8	L*	16.97		
		a*	-6.27	a*	7.42		
		b*	15.69	b*	14.0		

Tabla 4 Resultados del estudio de colorimetría obtenidos en la hoja de menta.

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 3 y 4 se puede observar que en el caso del modo de operación con convección natural:

Los tres parámetros medidos son: luminosidad (L), enrojecimiento (a) y amarillez (b). El valor de L varía de 100 (para blanco perfecto) a 0 (para negro) (Doymaz, 2002), entonces, la diferencia en la claridad es analizada mediante ΔL y la desviación del punto acromático rojo-verde es Δa, mientras que la desviación de amarillo-azul es Δb; finalmente, el cambio total de color es ΔE.

Los resultados obtenidos indican que en el caso del secador que funcionó con convección natural mostró un incremento importante de a*, lo cual revela una tendencia hacia los colores rojizos y, por lo tanto, disminución del color verde; la luminosidad disminuyó en las tres plantas de forma muy similar. Fue muy notable la conservación del color verde tanto en convección forzada como en el horno a 55 °C, en comparación con convección natural. En lo que respecta a b*, en los tres casos disminuyó este valor, esto indica una tendencia hacia los colores grises.

4 I CONCLUSIONES

La cinética de secado fue más rápida con convección natural, los tiempos de secado para cada planta con este modo de operación en el caso de la hierbabuena y menta se redujo a 200 min, pero se presentó en todos los casos analizados un incremento del parámetro a*, lo cual indica un acercamiento a los colores rojizos en este modo de operación. En horno fue muy similar en ambas plantas: la cinética en la hierbabuena y en la menta se estabilizó en 300 min, en el caso del secador con convección forzada la hierbabuena y la menta se terminaron de secar en 400 min por lo tanto la cinética fue más larga, con una diferencia entre 30 min y 60 min, esta diferencia de tiempo se compensa con la conservación de la coloración, muy semejante al horno. En todos los casos hubo una disminución de L*, es decir, más acercamiento a los colores opacos, acentuándose en la convección natural.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que en los dos casos analizados se obtuvo un producto deshidratado en el que se garantiza la nula proliferación de microorganismos patógenos además de una humedad final semejante a los productos que se encuentran comúnmente en los mercados, por lo tanto, es factible el secado solar, específicamente utilizando convección forzada puesto que mantiene mejores propiedades de coloración al finalizar el secado, logrando de esta forma un ahorro energético importante para los productores del país, contribuyendo además al cuidado del medio ambiente y apoyando en evitar el uso de energía convencional fomentando el aumento de las energías renovables.

REFERENCIAS

[1] Montalván Miguel (Junio 2003). Plantas curativas, plantas aromáticas. Artículo por la Facultad de Ciencias Pecuarias y Agroindustriales PDF.

[2] Sánchez Ester, García Dinah, Carballo Caridad, Crespo Maritza (1996). Mentha x piperita. Revista Cubana Plantas Medicinales 1(3):40-45 PDF.

[3] PROTEGE (2009). Menta / Menta negra. Artículo por Medicamentos Herbarios Tradicionales.

[4] X-Rite, Incorporated (2002). Guía para entender la Comunicación del Color. PDF.

[5]Waizel Bucay J., Martínez Rico IM. (2007). Plantas empleadas en odontologías. Revista ADM; 64 (5): 173-186

[6]Can Ortiz Genaro Octavio, Aguilar Cordero Wilian de Jesús, Ruenes Morales Rocío. (2017). Médicos tradicionales mayas y el uso de plantas medicinales, un conocimiento cultural que continúa vigente en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México. Teoría y Praxis 21:67-89.

[7]Luardini Maria Arina, Asi Natalina, Garner Mark. (July 2019). Ecolinguistics of ethno-medicinal plants of the Dayak Ngaju community. Language Sciences, 74, 77-84.

CAPÍTULO 3

ELECTRODOS DE SILICIO AMORFO PARA BATERÍAS DE ION-LITIO

Data de aceite: 02/10/2023

Barrio R.
División de Energías Renovables, Unidad de Energía Solar Fotovoltaica, CIEMAT. Avenida Complutense 40, CP-28040, Madrid (España).

González N.
División de Energías Renovables, Unidad de Energía Solar Fotovoltaica, CIEMAT. Avenida Complutense 40, CP-28040, Madrid (España).

Morant C.
Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Calle Francisco Tomás y Valiente 7, CP-28049, Madrid, (España).

RESUMEN: El grafito es el material más empleado como electrodo en baterías de ion-litio. Por contra, es un material con baja capacidad energética (372 mAh/g) y además es uno de los materiales considerados como críticos dado su gran volumen de uso y su posible riesgo de suministro. Por ello, es imperativo potenciar la búsqueda de materiales alternativos, que sean abundantes, sostenibles y con mejores prestaciones que el grafito. En este trabajo proponemos el silicio, material ampliamente disponible y con una capacidad de almacenaje once veces superior al grafito. En cambio, debido a los grandes cambios de volumen durante la litiación, tiende a romperse, disminuyendo así el tiempo de vida de las baterías. Para solventar este problema, hemos investigado el silicio amorfo en lámina delgada y en nanoestructuras ya que, debido a su estructura amorfa, porosidad y elevada superficie específica, absorbe mejor los cambios de volumen. Además, es más viable económicamente que el silicio cristalino. Con este tipo de electrodos, hemos logrado baterías con capacidades superiores a 2.500 mAh/g tras 50 ciclos de carga-descarga.

PALABRAS CLAVE: electrodos, ánodos, baterías de ion-litio, silicio amorfo, nanohilos

ABSTRACT: Graphite is the most widely used material as an electrode in lithium-ion batteries. However, it is a material with low energy capacity (372 mAh/g) and is also one of the materials considered *raw critical material* due to its high usage volume and potential supply risks. Therefore, it is imperative to enhance the search for alternative materials that are abundant,

sustainable, and offer better performance than graphite. In this study, we propose silicon, a widely available material with a storage capacity eleven times greater than that of graphite. However, due to significant volume changes during lithiation, silicon tends to fracture, thereby reducing the battery's lifespan. To address this issue, we have investigated amorphous silicon in thin film and nanostructures. Due to its amorphous structure, porosity, and high specific surface area, it better accommodates volume changes. Additionally, it is more economically viable than crystalline silicon. With these types of electrodes, we have achieved batteries with capacities exceeding 2.500 mAh/g after 50 charge-discharge cycles.
KEYWORDS: electrodes, anodes, lithium-ion batteries, amorphous silicon, nanowires.

1 I INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de transición energética hacia un modelo más sostenible basado en la generación de energía de origen renovable, el almacenamiento de la energía jugará un papel fundamental dado el carácter intermitente de este tipo de fuentes de energía, así como la diferencia entre las horas de máxima generación y mayor demanda (Notton et al. 2018).

Entre los diferentes sistemas de almacenamiento, las baterías de ion-litio (LIBs) son consideradas como una de las tecnologías mejor posicionadas actualmente, en gran medida por su empleo masivo en dispositivos electrónicos móviles (ordenadores portátiles, teléfonos móviles, drones, etc,) y también como consecuencia del fuerte impulso del vehículo eléctrico. Además, este tipo de baterías presenta excelentes prestaciones desde el punto del almacenamiento energético, entre ellas: una alta densidad energética y de potencia, un alto voltaje y una elevada longevidad (Armand et al. 2001; Kim et al. 2015). Es tal su repercusión, que el desarrollo de esta tecnología se puede considerar como uno de los grandes retos logrados durante las últimas décadas en el ámbito científico y tecnológico, motivo por el cual en el año 2019, el Premio Nobel de Química se destinó a investigadores que contribuyeron al desarrollo de este tipo de baterías de ion-litio (Hu and Lu, 2019). Si bien, pese a ser una tecnología madura y ya comercial, todavía presenta grandes desafíos a superar, entre ellos: disminuir sus costes para incrementar su viabilidad (sobre todo en grandes instalaciones que requieren elevadas inversiones), el empleo de materiales y electrolitos que mejoren sus propiedades y que a su vez sean sostenibles y abundantes, así como investigar en la posibilidad de reciclaje o segunda vida. Entre estos grandes objetivos, en este trabajo nos hemos centrado en la investigación de nuevos materiales para su aplicación como ánodos (electrodo negativo).

Una batería de ion-litio está formada por dos electrodos sumergidos en un electrolito y separados por un membrana que actúa como aislante eléctrico. Durante los procesos de carga, los iones Li se difunden desde el electrolito al volumen del material anódico (electrodo negativo) donde se produce la reducción, y en el cátodo (electrodo positivo) sucede la oxidación (Asenbauer et al. 2020). En este proceso de carga, los electrones

fluyen a través de un circuito externo desde el cátodo al ánodo, y de forma inversa durante la descarga, tal y como se ilustra en la Fig. 1. La batería se haya totalmente cargada cuando no existe un flujo de iones a través del electrolito (Shin et al. 2015). Cuantos más iones litio pueda alojar un material que funciona como electrodo, mayor será la capacidad de la batería.

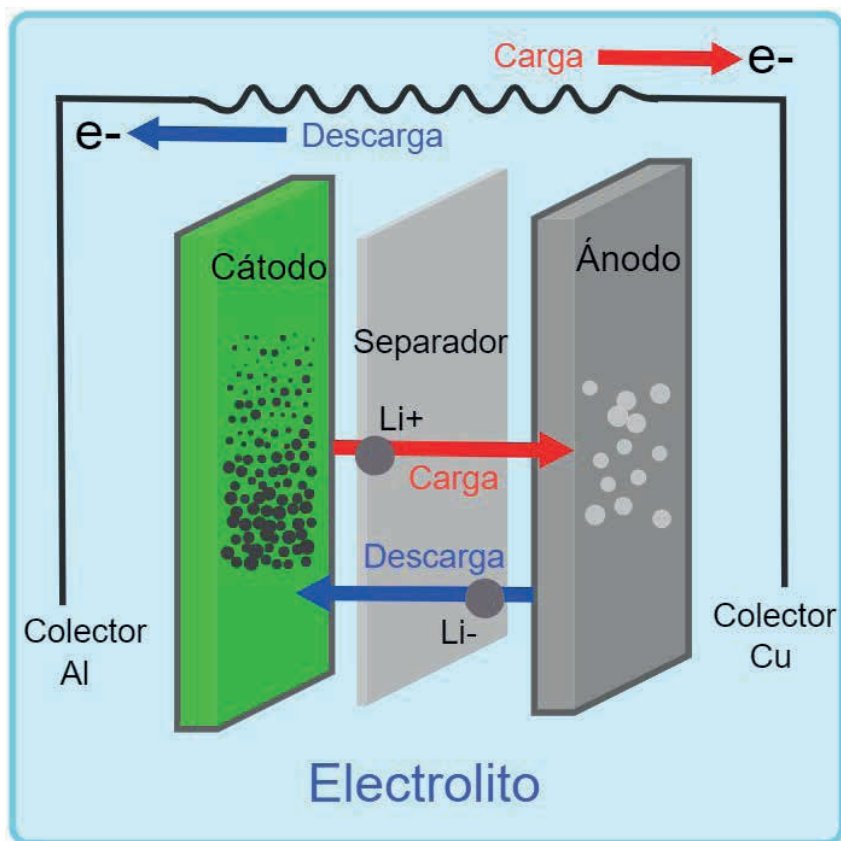



Fig. 1. Estructura y principio de operación de una batería de ion-Litio.

1.1 El silicio frente al grafito como electrodo

Hasta la fecha, el grafito es el material más utilizado como ánodo en las baterías comerciales de ion-litio (Asenbauer et al. 2020). Este electrodo basado en carbono, presenta grandes ventajas, entre ellas: un excelente rendimiento electroquímico, una elevada ciclabilidad, sus cambios de volumen son pequeños durante los procesos de carga-descarga (inferiores al 20%) y no presenta un elevado coste. Por contra, desde la Comisión Europea, el grafito es considerado como un material crítico debido a su gran dependencia para el desarrollo de esta tecnología, por lo que su gran volumen de uso puede llegar a provocar faltas de suministro. Además, presenta una baja capacidad de almacenamiento

teórica (372 mAh/g), lo cual puede ser una limitación para algunas aplicaciones. Por ello, es imperativo buscar materiales alternativos que sean abundantes, sostenibles y en la medida de lo posible con mejores prestaciones electroquímicas que el grafito. Dado que silicio es el segundo elemento con mayor presencia en la corteza terrestre y es el elemento con mayor capacidad de almacenamiento de litio (la capacidad teórica del Si es 4.200 mAh/g, es decir, unas 11 veces superior al grafito), es considerado un gran candidato como material alternativo al grafito para la próxima generación de baterías de ion-litio, sin olvidar que no es especialmente costoso (Mukanova et al. 2018; Salah et al. 2019). Como desventaja, el silicio cristalino como electrodo para LIBs, tiende a romperse dado los grandes cambios de volumen que sufre durante los procesos de introducción del litio (variaciones superiores al 300 %), provocando una importante degradación del electrodo, incluso pudiendo llegar a fracturarse y en consecuencia, a reducir el tiempo de vida de la batería. Otro inconveniente asociado con el silicio es su baja conductividad eléctrica frente a la del grafito (1 Scm^{-1}), lo cual impide una rápida litiación (Cheng et al. 2011), si bien puede ser solventado dopándolo con boro (tipo p) o fósforo (tipo n) para incrementar la conductividad y las prestaciones de las baterías (Salah et al. 2021).

Dadas las buenas propiedades que ofrece el silicio como ánodo para LIBs, como estrategia para resolver los problemas de expansión de su volumen durante la litiación y sus fatales consecuencias, desde la comunidad científica y en los departamentos de investigación de algunos fabricantes, se está trabajando en el crecimiento de materiales basados en silicio con diferentes tipo de nanoestructuras que sean capaces de acomodar eficientemente el litio, de modo que estos ánodos no sufran una pronta rotura (Sergio Pinilla et al. 2020; Salah et al. 2019, 2021; Szczech and Jin 2011; Yin et al. 2012)

En esta investigación (Barrio et al. 2022), se ha propuesto el silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H) depositado por la técnica de PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) (Van Sark, 2002) en lámina delgada (inferior a una micra) como material alternativo a los electrodos basados en grafito . A diferencia del silicio cristalino, la estructura amorfa del a-Si:H y su elevada porosidad, permite soportar mejor los cambios de volumen, favoreciendo así la difusión de los iones litio dentro del material. Además, presenta la ventaja de poder ser depositado directamente sobre el cobre u otro colector de corriente. Para incrementar su conductividad, puede ser dopado muy fácilmente incorporando fósforo o boro en la mezcla de gases (Salah et al. 2021). A su vez, el silicio amorfo es más viable económicamente que el silicio cristalino.

Con el objetivo de aumentar la superficie específica del electrodo frente a su volumen y así lograr una mayor capacidad, también se ha explorado como otra alternativa los nanohilos de silicio amorfo hidrogenado intrínseco (a-SiNWs) formados mediante un proceso químico denominado como MACE (Metal Assisted Chemical Etching) (Pinilla et al. 2016; 2017; 2018). Estos ataques químicos se realizaron directamente sobre las capas de silicio amorfo depositadas sobre el cobre.

Tras la optimización de los depósitos de aSi:H por PECVD, intrínseco y dopado, y la formación de los nanohilos a-SiNWs por MACE, estos electrodos se ensamblaron en baterías de tipo botón para analizar su viabilidad como ánodos alternativos al grafito. Los primeros resultados de estas baterías que hemos obtenido con los tres materiales basados ensayados, han resultado ser muy satisfactorios, con capacidades iniciales de descarga superiores a 3.800 mAh g^{-1}, y con una elevada capacidad de retención superior al 82% después de 50 ciclos de carga y descarga.

2 I PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1 Preparación y caracterización del silicio amorfo (a-Si:H)

Durante los años previos a comenzar esta investigación en electrodos para baterías, el CIEMAT ha trabajado intensamente en el crecimiento y caracterización de silicio amorfo hidrogenado, a-Si:H, depositado por la técnica de PECVD (Plasma Enhanced Chemical vapour Deposition), de carácter intrínseco y dopado de tipo P y de tipo N (Torres et al. 2010), para su aplicación en células solares, tanto de tecnología de lámina delgada (células tipo PIN) (Santos et al. 2012), como en células de heterounión de silicio, también llamadas células HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer) (Barrio et al. 2006; Torres et al. 2021). Esta experiencia previa resultó de gran utilidad en este trabajo para localizar las condiciones óptimas de un material basado en silicio, pero en este caso para su aplicación en baterías. Para alcanzar este objetivo, se estableció una colaboración científica con la Universidad Autónoma de Madrid (C. Morant, Departamento de Física Aplicada, UAM) con una dilatada experiencia en nanomateriales y en su aplicación para baterías de ion-Li. De este modo, se amplía la versatilidad tanto de los equipos de depósito de a-Si:H en lámina delgada como la multifuncionalidad del propio material en materia energética y de aplicación en dispositivos.

La técnica de crecimiento de materiales en lámina delgada por PECVD presenta importantes ventajas tales como: la utilización de temperaturas de depósito inferiores a 300 ºC (lo cual supone un importante ahorro energético frente a otras tecnologías, mejorando así la sostenibilidad), su homogeneidad y que tanto el espesor como las propiedades del material pueden ser fácilmente controlables y manipulables con los parámetros de depósito. El PECVD empleado en esta investigación, es un equipo de la marca MVSystem, con una frecuencia de excitación de 13.56 MHz (Fig. 2). Como gas precursor se introdujo silano puro ($SiH_{4,}$ 99.999% Nippon) en la cámara de depósito. Con objeto de mejorar la conductividad de este material, se incorporó un flujo de fosfina diluida al 2% en hidrógeno a la mezcla de gases y se obtuvo silicio amorfo hidrogenado dopado de carácter n (a-Si:H(n)).

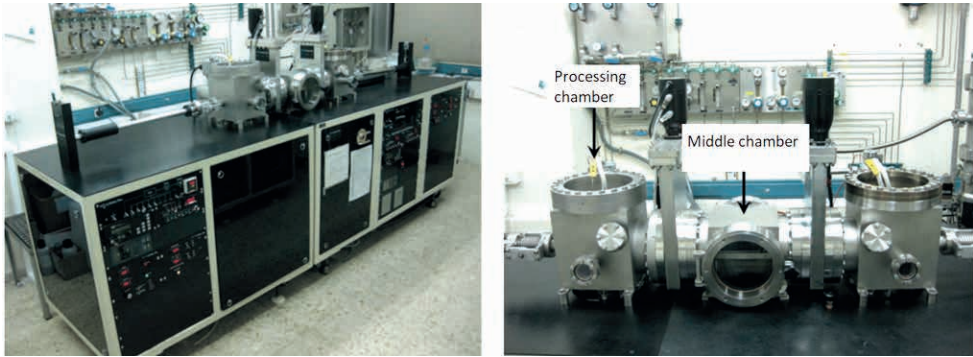



Fig. 2. Equipo de PECVD-MVS del CIEMAT empleado para el depósito de las capas de silicio amorfo.

Las láminas de a-Si:H y a-Si:H(n) preparadas, se caracterizaron tanto óptica como eléctricamente. Para la caracterización óptica se midieron los espectros de transmitancia y reflectancia de muestras depositadas sobre vidrio, mediante un espectrofotómetro UV/VIS/IR Lamba1050-Perkin Elmer, en el intervalo comprendido entre 300 nm y 2.500 nm. A partir de estos espectros, se evaluó el espesor (d), el ritmo de crecimiento (r) y el índice de refracción medio (n_{medio}) acorde al procedimiento descrito en trabajos previos por los propios autores (Barrio et al. 2010). Las energías del gap óptico de los semiconductores (E_g) se calcularon siguiendo el método de Tauc para transiciones indirectas de semiconductores (Tauc et al. 1966).

La conductividad (σ) de las muestras dopadas, se calculó a partir de las características corriente y voltaje (I-V) a temperatura ambiente, en una configuración coplanar de contactos metálicos de aluminio depositados por evaporación térmica sobre las láminas de a-Si:H. Para conocer su nivel de dopado, se midió la conductividad en función de la temperatura para estimar la energía de activación (E_a) del material.

En relación a la estructura del material, se determinó el contenido concentración de hidrógeno [H] y su distribución (Brodsky, 1977), a partir de los espectros de absorción del material en el infrarrojo obtenidos mediante un espectrofotómetro PerkinElmer Lamda 100FT-IR (Barrio et al. 2021). Para realizar estas medidas, las capas de a-Si:H fueron depositadas sobre obleas de silicio monocristalino de alta resistividad. Esta técnica nos proporciona información sobre la posible estequiometría del material acorde a las posiciones e intensidades relativas en las bandas en 630 cm^{-1} (bandas *rocking* and *wagging* que contienen información de todas los posibles enlaces de silicio con hidrógeno, Si-H), y en las bandas centradas en 2000 y 2100 cm^{-1} (bandas *stretching*) correspondientes a los enlaces de silicio con el hidrógeno de tipo monohidruros (Si-H) y polihidruros ($Si\text{-}H_x$) respectivamente (Langford et al.1989; Lucovsky et al. 1979). Se define el factor R como la relación de intensidades correspondientes a las bandas en 2.000 cm^{-1} y 2.100 cm^{-1}, es decir, $I_{2100}/(I_{2000}+I_{2100})$, que da cuenta de la proporción de hidrógeno incorporado en forma

de polihidruros con respecto al contenido total del material.

En investigaciones previas de los propios autores (Pinilla et al. 2018), se estudiaron exhaustivamente las condiciones de preparación del a-Si:H por PECVD para la formación de a-SiNWs por MACE, donde se observó que pequeñas variaciones en la composición y porcentaje de hidrógeno de las capas de a-Si:H, influía considerablemente en el crecimiento de los a-SiNWs. Por este motivo, en este trabajo se reajustaron los parámetros de depósito hasta lograr una incorporación de hidrógeno apropiada en la matriz del material, con una mínima incorporación en éste en forma de polihidruros. Bajo estas condiciones, los parámetros de depósito que fueron establecidos como óptimos son los mostrados en la Tabla 1.

Temperatura (˚C)	**Flujo Φ [SiH_4] (sccm)**	**Densidad de potencia (W/cm^2)**	**Presión (Pa)**
200	20	10	53

Tabla 1. Parámetros de depósito optimizados de las capas de a-Si:H depositadas por PECVD-MVSystem. Para el crecimiento de a-Si:H(n) se introdujo un flujo de PH_3/H_2 (2%) de 3.5 sccm en esta mezcla de gases.

2.2 Preparación y caracterización de los nanohilos de silicio amorfo (a-SiNWs)

La formación de los nanohilos de silicio amorfo se llevó a cabo en el Laboratorio de Recubrimientos y Nanoestructuras de la UAM mediante un ataque químico asistido por metales, MACE, de las láminas de a-Si:H depositadas directamente sobre el cobre (Cu) (véase Fig. 3). Estas hojas de Cu tienen un espesor de 9 micras y una pureza del 99.99 % (MTI corporation) y son el colector estándar para las LIBs.

Fig. 3. Lámina de silicio amorfo hidrogenado crecido por PECVD, en un área de 10cmx10 cm, sobre una lámina de cobre.

Previo al depósito de a-Si:H, las hojas de Cu se limpiaron con etanol para eliminar

posibles impurezas que pudieran afectar al crecimiento de a-Si:H. Se crecieron capas de a-Si:H de 1 micra aproximadamente, presentando una excelente adhesión sobre la cara rugosa de la hoja de Cu, tal y como se puede observar en la imagen de FESEM de la Fig. 4.

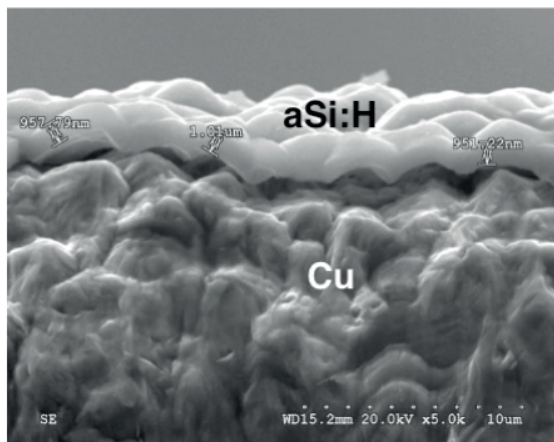



Fig. 4. Imagen de microscopía FESEM de una capa de silicio amorfo de espesor aproximado de 1 micra depositada sobre la cara rugosa del Cu.

El proceso MACE es un ataque químico en dos etapas, en el que se ha empleado Ag como catalizador. Tras aclarar con agua destilada el a-Si:H depositado en la superficie del Cu, se introduce en un primer baño que consiste en una disolución $AgNO_3$/HF. El tiempo de este ataque está estrechamente determinado por los siguientes parámetros: el espesor de las capas de a-Si:H, la longitud deseada para los nanohilos, la temperatura y humedad del ambiente y la concentración de hidrógeno de las capas de a-Si:H. Para este trabajo, tras diferentes ensayos bajo distintas condiciones, este primer ataque se optimizó en 60 segundos. El segundo baño consiste en una disolución de HF and H_2O_2. El tiempo óptimo para la formación de los a-SiNWs se estableció entre 45 y 50 segundos, dependiendo de la temperatura y humedad de la sala, ya que son tratamientos químicos cuya velocidad de reacción es fuertemente dependiente de las condiciones ambientales. Después de completar el proceso MACE, las muestras fueron aclaradas con agua desionizada para eliminar totalmente los residuos ácidos y se secaron en una mufla a 60 ***ºC***. Presentan un aspecto oscuro, prácticamente de color negro, que se debe al efecto antirreflectante del silicio nanoestructurado, motivo por el cual, este material puede ser también empleado para aplicaciones fotovoltaicas en células solares y reducir así las posibles pérdidas ópticas de los fotones incidentes procedentes del sol.

Por último, los a-SiNWs se observaron por microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM) (véanse ilustrados en las imágenes de SEM de la Fig. 5 en un corte transversal y en una vista superior de los mismos). Antes de su empleo como electrodo en las baterías, su composición química también fue analiza por EDX (Energy-Dispersive

X-ray), donde no se detectaron impurezas ni residuos del proceso MACE presentes en el material. Tampoco se detectaron residuos mediante la técnica de XPS (X-Photoelectron Spectroscopy).

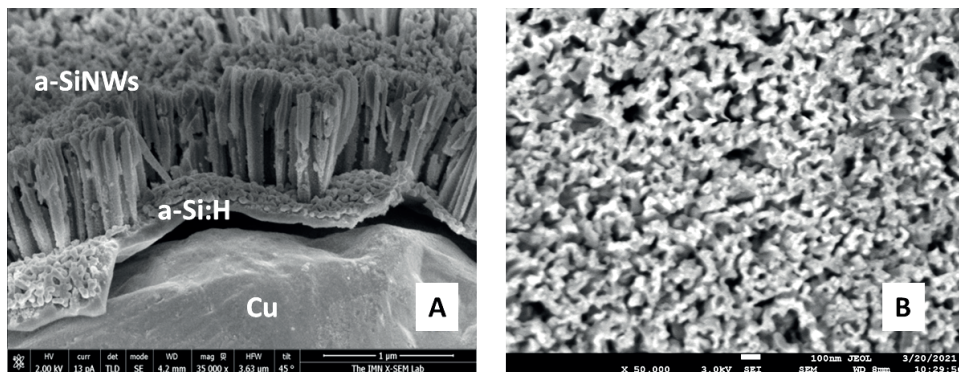



Fig. 5. Imágenes de FESEM de los nanohilos de silicio amorfo formados tras el ataque MACE, corte transversal (A) y vista superior de los mismos (B).

2.3 Ensamblaje y caracterización de las baterías de ion-Litio

El montaje de las baterías se realiza en un entorno de atmosfera controlada dentro de una cámara de guantes, modelo Jacomex Campus con [H_2O] ≤ 1.0 ppm, dado que el litio es muy reactivo con el oxígeno. Se montaron baterías tipo botón, *CR2032-coin cell*, en configuración de media celda. Los electrodos de a-Si:H y de a-SiNWs fueron cortados en forma circular con un diámetro de 6 mm y antes del montaje se introdujeron en un horno en vacío 10^{-3} mbar, modelo Büchi B-585, a 90 ˚C durante una noche para eliminar la humedad antes de ser introducidos en la cámara de guantes.

La configuración en media celda consiste en un electrodo de a-Si:H o de a-SiNWs (electrodo de trabajo sobre el colector de cobre), que se enfrenta a un electrodo de litio metálico (sobre el colector de aluminio) que actúa como electrodo de referencia, con un separador entre de ambos electrodos. El electrolito empleado fue una solución 1.0M de $LiPF_6$ en carbonato de etileno.

Para la caracterización electroquímica se utilizó potenciostato de 12 canales, Arbin Instruments BR2143, a temperatura ambiente donde se realizaron ciclos galvanostáticos de carga/descarga de las baterías a una densidad de corriente de 1000 mA/g. Esta técnica se basa en la aplicación de una corriente constante entre los electrodos y mientras se mide el voltaje. La capacidad (mAh) se extrae multiplicando la corriente y el tiempo del ciclo. Esta capacidad se normalizó a la masa del material obteniéndose lo que se denomina capacidad específica (mAh/g). Para ello, fue necesario calcular la masa activa del material mediante una balanza de alta precisión a través de las diferencias de pesada antes y después de cada depósito. También, a partir de las imágenes de SEM, se obtuvo el espesor

de las capas y se evaluó la densidad del silicio amorfo en 2.2 ±0.01 g/cm^3, en concordancia con el pesaje realizado. La capacidad específica puede cambiar entre los ciclos debido a la posible degradación del material empleado como electrodo. La capacidad específica obtenida en función del número de ciclos para los diferentes materiales ensayados como electrodos, fue comparada con la capacidad teórica del grafito (372 mAh/g) para analizar su viabilidad.

3 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4 Propiedades del silicio amorfo

En la Tabla 2 se resumen las propiedades de las capas de a-Si:H y de a-Si:H(n), obtenidas con las condiciones optimizadas de depósito de la Tabla 1. Los contenidos de hidrógeno y las propiedades optoelectrónicas de estas capas se consideraron adecuados, acorde a nuestra experiencia previa, para poder ser empleadas directamente como electrodos, así como para la formación de los nanohilos (Pinilla et al. 2018).

En este trabajo, los ataques MACE se realizaron sobre los depósitos de silicio amorfo intrínseco, no sobre silicio dopado. Estas capas de a-Si:H fueron de 1 micra de espesor aproximadamente, y tras la formación de los a-SiNWs, la altura de los mismos se estimó en unos 850 nm, como puede apreciarse en la Fig. 5 (A). Los nanohilos obtenidos fueron uniformes y verticales en toda el área del electrodo. La formación de nanohilos a partir de silicio amorfo dopado se considerará para futuros trabajos, ya que requiere una nueva optimización del ataque MACE. Esto se debe porque la presencia de átomos de fósforo en la estructura del material, una mayor presencia de polihidruros y un factor R notablemente superior, implicaría una velocidad de reacción superior y en consecuencia, un ajuste de concentraciones en cada uno de los baños y tiempos en los ataques MACE diferentes a los utilizados para el silicio amorfo intrínseco.

	r (nm/min)	n_{medio}	E_g (eV)	$[H_{635}]$ (%)	$[H_{2000}]$ (%)	$[H_{2100}]$ (%)	R	σ (S/cm)	E_a (eV)
a-Si:H(i)	7.8	3.53	1.72	11.3	12.1	2.4	0.0677	-	-
a-Si:H(n)	8.9	3.56	1.81	13.7	11.7	4.7	0.1334	1.5×10^{-2}	0.18

Tabla 2. Parámetros ópticos, estructurales y eléctricos (previamente definidos en el texto) de las capas de silicio amorfo intrínseco y dopado depositadas por PECVD.

3.5 Baterías de ion-litio con electrodos basados en a-Si:H y a-SiNWs

El comportamiento electroquímico de las baterías se ilustra en la Fig. 6, a través de un ciclado galvanostático a una densidad de corriente de 1 A/g. En esta figura se representa la capacidad específica de las LIBs más significativas obtenidas con los tres tipos de materiales optimizados para electrodos, es decir i) con silicio amorfo intrínseco,

ii) con nanohilos de silicio amorfo intrínseco y iii) con silicio amorfo dopado con fósforo. Las capacidades de las tres baterías se compararon con la capacidad específica teórica con grafito, es decir 372 mAh/g, suponiendo que es perfectamente estable con el número de ciclos. En esta gráfica (Fig. 6) se han indicado las principales características de cada electrodo basado en silicio amorfo hidrogenado probados en las diferentes baterías ensayadas.

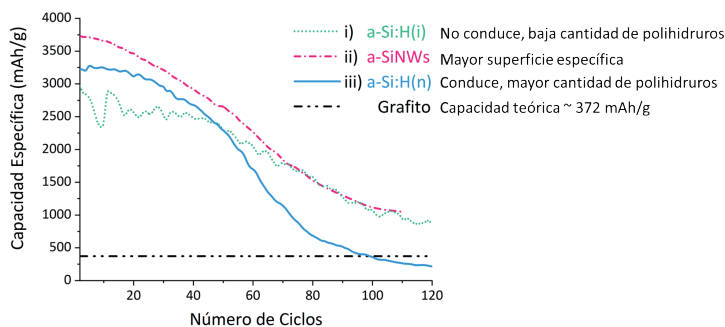



Fig. 6. Ciclado galvanostático a una densidad de corriente de 1 A/g. En esta gráfica se ilustra la capacidad específica de las LIBs con tres tipos de electrodos basados en Si: i) silicio amorfo hidrogenado intríseco (a-Si:H(i)), ii) nanohilos de silicio amorfo (a-SiNWs) y iii) silicio amorfo dopado (a-Si:H(n)). Se incluye la capacidad teórica del grafito para el análisis comparativo. Esta gráfica de resultados es reproducida por las propias autoras de este documento en la referencia (Barrio et al. 2022). Copyright: © 2022.

En primer lugar, observamos que, para los tres electrodos ensayados basados en silicio amorfo, la capacidad específica resultó ser muy superior a la del grafito, siendo un resultado muy prometedor para fabricar LIBs como electrodos alternativos al mismo. Esto se debe fundamentalmente a la gran capacidad de almacenaje de litio en materiales basados en silicio.

Las baterías con los electrodos basados en a-Si:H(i), presentaron una capacidad inicial superior a 2.500 mAh/g, y se mantuvieron muy estables con el número de ciclos, con una elevada capacidad de retención superior al 82% después de 50 ciclos de carga y descarga. Esta capacidad se logró incrementar notablemente al utilizar los electrodos nanoestructurados, probablemente como consecuencia del aumento de la superficie específica de los a-SiNWs. Su capacidad inicial fue de 3.800 mAh/g, resultando ser 10 veces superior a la del grafito y muy próxima al máximo teórico del silicio, siendo éste el mejor resultado obtenido en este trabajo. Sin embargo, a partir de los 70 ciclos, su capacidad es muy similar a la del a-Si:H(i) sin estructurar, lo cual puede ser producido por el deterioro de las nanoestructuras debido a los cambios de volumen en los procesos de carga y descarga. Pese al descenso de su capacidad con los ciclos, la capacidad específica para ambos electrodos continúa siendo muy superior al grafito.

Por último, en el tercer tipo de LIBs ensayadas, se probaron electrodos dopados de a-Si:H(n) en lámina delgada y sin nanoestructurar. Se obtuvo una elevada capacidad

inicial, 3.250 mAh/g, muy probablemente debido a su mayor conductividad (1.5x10^{-2} S/cm) frente al silicio amorfo intrínseco. Aunque su conductividad es notablemente inferior a la del grafito (1 S/cm), ha demostrado ser suficiente para esta aplicación. Por contra, la capacidad específica con a-Si:H(n) disminuyó con mayor celeridad que con los otros electrodos, sobre todo a partir de los 50 ciclos, cayendo incluso por debajo del grafito al superar los 100 ciclos. Una explicación a este descenso puede ser una mayor presencia de polihidruros (SiH_x) en el material dopado (véase la [H_{2100}] y el factor R en la Tabla 2), como consecuencia de introducir PH_3 diluida en H al 2% en la mezcla de gases (es decir junto al SiH_4) durante el crecimiento del material por PECVD. Esta existencia de SiH_x generalmente está asociada con la presencia de microporos y microestructuras que pueden ser anómalas en el material. Si inicialmente consideramos que una mayor cantidad de hidrógeno en estas capas conductoras podría ser favorable para soportar las tensiones derivadas de los cambios de volumen y también ayudar en la difusión del litio en el ánodo, lo observado experimentalmente resultó ser un deterioro más rápido con los ciclos de carga y descarga. Es probable que este material dopado se fracture más rápidamente por la mayor concentración de polihidruros, y por consiguiente, la vida útil de la batería sea inferior. Por lo tanto, es necesario llegar a un equilibrio entre el nivel de dopado (que incrementa la conductividad y mejora la capacidad inicial) y la presencia de polihidruros (que puede causar una pérdida de la longevidad). Ambas propiedades se pueden controlar y modificar actuando sobre los parámetros de depósito por PECVD, siendo ésta una enorme ventaja que presenta esta técnica de preparación. Un estudio más exhaustivo sobre a-Si:H(n) se está comenzando a llevar a cabo en nuestros laboratorios, lo que está permitiendo analizar el comportamiento de las LIBs en función de la concentración de hidrógeno y su distribución, y respecto a su nivel de dopado de un modo más exhaustivo. Tras su optimización, es probable que se puedan obtener baterías LIBs con electrodos silicio amorfo dopado en lámina delgada con capacidades muy próximas a las logradas con silicio nanoestructurado, y de un modo mucho más sencillo, dado que no sería necesario atacar químicamente con el método MACE, lo cual podría tener una enorme ventaja desde un punto de vista industrial y tecnológico.

4 I CONCLUSIONES

Se han optimizado electrodos basados en lámina delgada de silicio amorfo hidrogenado crecido por PECVD y en nanohilos de silicio amorfo obtenidos por ataque químico MACE, para su aplicación en baterías de ion-litio como ánodos alternativos a los electrodos de grafito convencionales. Los resultados han sido muy prometedores, con capacidades específicas muy superiores a la capacidad teórica del grafito, para los tres electrodos ensayados. El mejor resultado se ha obtenido con nanohilos de silicio amorfo, con una capacidad inicial de 3.800 mAh/g, probablemente debido a un incremento

en su superficie específica, lo cual permite un mayor almacenaje del litio. Con objeto de incrementar la conductividad del electrodo, dopamos con fósforo el silicio amorfo hidrogenado. Estos electrodos se ensamblaron en las LIBs, y obtuvimos también una capacidad inicial elevada, superior a 3.000 mAh/g, posiblemente como consecuencia del incremento de la conductividad del material. En cambio, fue menor la estabilidad y la longevidad de las LIBs. Este resultado nos ha conducido a sospechar si la mayor presencia de polihidruros en el material dopado puede provocar un deterioro acelerado en las baterías. Dado que el contenido de hidrógeno y el nivel de dopado en las capas de silicio amorfo son perfectamente controlables mediante la técnica de depósito por PECVD, es de enorme interés alcanzar un equilibrio entre ambos parámetros y comprobar la influencia de la presencia de polihidruros con los procesos de litiación y estabilidad de las baterías, lo cual está siendo ya objeto de análisis por parte de los autores para un próximo trabajo que será publicado próximamente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado a través del Ministerio Español de Ciencia e Innovación a través de los proyectos SCALED (PID2019-109215RB-C42/ https://scaled-project.com/), NanoCat-Com (PDI2021-124667OB-I00) y el proyecto europeo STORIES (LC-GD-9-1-2020-European Research Infrastructures capacities and services to address European Green Deal challenges /https://www.eera-energystorage.eu/stories.html).

Las autoras también quieren agradecer al Centro Nacional de Microscopía Electrónica-CNME y al Instituto de Micro y Nanotecnología-CNM del CSIC por sus asistencias técnicas en las medidas FESEM y EDX. También a César Maffiotte, de la Unidad de Materiales del CIEMAT por sus medidas de XPS.

REFERENCIAS

Armand, M. 2001. “Nature Lithium Battery.” *Nature* 414 (November): 359–67. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11713543.

Asenbauer, J., Tobias Eisenmann, Matthias Kuenzel, Arefeh Kazzazi, Zhen Chen, and Dominic Bresser. 2020. “The Success Story of Graphite as a Lithium-Ion Anode Material-Fundamentals, Remaining Challenges, and Recent Developments Including Silicon (Oxide) Composites.” *Sustainable Energy and Fuels* 4 (11): 5387–5416. https://doi.org/10.1039/d0se00175a.

Barrio; R. Gandía; and González; 2021. “SiN_x :H Films for Efficient Bulk Passivation of Nonconventional Wafers for Silicon Heterojunction Solar Cells” 15. https://doi.org/10.1007/s11837-021-04761-4.

Barrio, R., J.J. Gandía, J. Cárabe, N. González, I. Torres, D. Muñoz, and C. Voz. 2010. “Surface Recombination Analysis in Silicon-Heterojunction Solar Cells.” *Solar Energy Materials and Solar Cells* 94 (2). https://doi.org/10.1016/j.solmat.2009.09.017.

Barrio, R., C. Maffiotte, J.J. Gandía, and J. Cárabe. 2006. “Surface Characterisation of Wafers for Silicon-Heterojunction Solar Cells.” *Journal of Non-Crystalline Solids* 352 (9-20 SPEC. ISS.). https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2005.09.035.

Barrio, R, González N., , Portugal A., Morant C., and Gandía J. 2022. “Hydrogenated Amorphous Silicon-Based Nanomaterials as Alternative Electrodes to Graphite for Lithium-Ion Batteries,” 1–13.

Cheng, Jing L., Zhanliang T., and Jun C. 2011. “Functional Materials for Rechargeable Batteries.” *Advanced Materials* 23 (15): 1695–1715. https://doi.org/10.1002/adma.201003587.

Hu, Yong Sheng, and Yaxiang Lu. 2019. “2019 Nobel Prize for the Li-Ion Batteries and New Opportunities and Challenges in Na-Ion Batteries.” *ACS Energy Letters* 4 (11): 2689–90. https://doi.org/10.1021/acsenergylett.9b02190.

Tauc, J., R. Grigorovici, A. Vancun. 1966. “Optical Properties and Electronic Structure of Amorphous Germanium.” *Physica Status Solidi (B)* 15: 627–37.

Kim, Joo Gon, Byungrak Son, Santanu Mukherjee, Nicholas Schuppert, Alex Bates, Osung Kwon, Moon Jong Choi, Hyun Yeol Chung, and Sam Park. 2015. “A Review of Lithium and Non-Lithium Based Solid State Batteries.” *Journal of Power Sources* 282: 299–322. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2015.02.054.

Langford, A. A., M. L. Fleet, and A. H. Mahan. 1989. “Correction for Multiple Reflections in Infrared Spectra of Amorphous Silicon.” *Solar Cells* 27 (1–4): 373–83. https://doi.org/10.1016/0379-6787(89)90046-X.

Lucovsky, G., R. J. Nemanich, and J. C. Knights. 1979. “Structural Interpretation of the Vibrational Spectra of A-Si: H Alloys.” *Physical Review B* 19 (4): 2064–73. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.19.2064.

Mukanova, Aliya, Albina Jetybayeva, Seung Taek Myung, Sung Soo Kim, and Zhumabay Bakenov. 2018. “A Mini-Review on the Development of Si-Based Thin Film Anodes for Li-Ion Batteries.” *Materials Today Energy* 9: 49–66. https://doi.org/10.1016/j.mtener.2018.05.004.

Notton, Gilles, Marie Laure Nivet, Cyril Voyant, Christophe Paoli, Christophe Darras, Fabrice Motte, and Alexis Fouilloy. 2018. “Intermittent and Stochastic Character of Renewable Energy Sources: Consequences, Cost of Intermittence and Benefit of Forecasting.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 87 (December 2016): 96–105. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.007.

Pinilla, S. 2017. “Silicon Nanowires for Anergy Generation and Storage.” Universidad Autónoma de Madrid.

Pinilla, S., Barrio R., González N., Pérez Casero R., Márquez F., Sanz J.M., and Morant C.. 2018. “Role of Hydrogen in the Preparation of Amorphous Silicon Nanowires by Metal-Assisted Chemical Etching.” *Journal of Physical Chemistry C* 122 (39). https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.8b05332.

Pinilla, S., Mollá G., Pau J.L., and Morant C. 2016. “Impact of the Oxide Layer on the Electrical Properties of Silicon Nanowires Fabricated by Metal-Assisted Chemical Etching.” *Physica Status Solidi (A) Applications and Materials Science* 213 (11): 2884–89. https://doi.org/10.1002/pssa.201600371.

Pinilla, S., Park S.H., Fontanez K., Márquez F., Nicolosi V., and Morant C. 2020. “0D-1D Hybrid Silicon Nanocomposite as Lithium-Ion Batteries Anodes.”*Nanomaterials* 10 (3):1–13.https://doi.org/10.3390/nano10030515.

Salah, Mohammed, Colin Hall, Peter Murphy, Candice Francis, Robert Kerr, Bastian Stoehr, Sam Rudd, and Manrico Fabretto. 2021. “Doped and Reactive Silicon Thin Film Anodes for Lithium Ion Batteries: A Review.” *Journal of Power Sources* 506 (June): 230194. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.230194.

Salah, Mohammed, Peter Murphy, Colin Hall, Candice Francis, Robert Kerr, and Manrico Fabretto. 2019. “Pure Silicon Thin-Film Anodes for Lithium-Ion Batteries: A Review.” *Journal of Power Sources* 414 (November 2018): 48–67. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.12.068.

Santos, J D, S Fernández, A Casado, J L Baldonedo, O De Abril, C Maffiotte, J Cárabe, and J J Gandía. 2012. “Influence of the CF4 + O2 Plasma Treatment of ZnO : Al on a-Si p-i-n Solar Cell Performance,” no. September 2015: 1–6.

Sark, Wilfried G.J.H.M. van. 2002. “Methods of Deposition of Hydrogenated Amorphous Silicon for Device Applications.” *Thin Films and Nanostructures* 30 (C): 1–215. https://doi.org/10.1021/acs.analchem.7b05106.

Shin, S. M., G. J. Jung, Woo Jin Lee, C. Y. Kang, and J. P. Wang. 2015. “Recovery of Electrodic Powder from Spent Lithium Ion Batteries (LIBs).” *Archives of Metallurgy and Materials* 60 (2): 1145–49. https://doi.org/10.1515/amm-2015-0086.

Szczech, Jeannine R., and Song Jin. 2011. “Nanostructured Silicon for High Capacity Lithium Battery Anodes.” *Energy and Environmental Science* 4 (1): 56–72. https://doi.org/10.1039/c0ee00281j.

Torres, Ignacio., R. Barrio, J.D. Santos, N. González, and J.J. Gandía. 2010. “Effect of Radio Frequency Power and Total Mass-Flow Rate on the Properties of Microcrystalline Silicon Films Prepared by Helium-Diluted-Silane Glow Discharge.” *Thin Solid Films* 518 (23). https://doi.org/10.1016/j.tsf.2010.06.050.

Torres, I., Fernández S., Fernández-Vallejo M., Arnedo I., and Gandía J.J. 2021. “Graphene-Based Electrodes for Silicon Heterojunction Solar Cell Technology.” *Materials* 14 (17): 1–12. https://doi.org/10.3390/ma14174833.

Yin, YaXia X., LiJun J. Wan, and YuGuo G. Guo. 2012. “Silicon-Based Nanomaterials for Lithium-Ion Batteries.” *Chinese Science Bulletin* 57 (32): 4104–10. https://doi.org/10.1007/s11434-012-5017-2.

ESTUDIO DE LA CONVECCIÓN MIXTA ALREDEDOR DE UN CILINDRO PARA UN FLUIDO NO NEWTONIANO

Data de aceite: 02/10/2023

José Melesio Sánchez Huerta
Centro de Ingeniería Avanzada, Departamento de Termofluidos, Facultad de Ingeniería, UNAM, Ciudad de México 04510, México

Luis Arturo Navarro Baena
Centro de Ingeniería Avanzada, Departamento de Termofluidos, Facultad de Ingeniería, UNAM, Ciudad de México 04510, México.

RESUMEN: Se presenta un estudio experimental de la convección mixta alrededor de un cilindro en un canal. Los experimentos se realizan tanto para flujo asistido como para contraflujo en un fluido no Newtoniano. El fluido de trabajo es una solución acuosa al 2%, 3% y 4% de carboximetilcelulosa de sodio. El dispositivo experimental permite establecer condiciones de convección natural bidimensional, mixta y forzada. Se emplea como criterio para determinar el régimen de transferencia de calor el número de Richardson , el rango de trabajo para el flujo asistido es de 1< Ri <2100 mientas que para el caso de contraflujo el rango de trabajo para este es de . Los resultados que se reportan de manera gráfica muestran un crecimiento lineal de la transferencia de calor en función del número de Reynolds, $\mathbf{Re}_{D.}$ Además, se muestra la zona de convección mixta en un rango del número de Richardson 3< Ri <10, donde se tiene una disminución en la transferencia de calor

PALABRAS CLAVE: convección de calor, Pseudoplástico . cilindro

ABSTRACT: An experimental study of mixed convection around a cylinder into chanel is presented. The experiments are performed in an assisted and counterflow for a non-Newtonian fluid. The working fluid is a 3% aqueous solution of sodium carboxymethylcellulose. The experimental device allows establishing bidimensional conditions of natural, mixed and forced convection. The Richardson number , is used as the criterion to determine the heat transfer rate, the working range for this is 1< Ri <2100 and for assisted and counterflow respectively . The results that are reported graphically show a linear growth of the heat transfer as a function of Reynolds number ReD. In addition, the mixed convection zone is shown in a range of Richardson's number 3 < Ri <10, where there heat transfer decrease.

KEYWORDS: Hear convection, Pseudoplastic, cylinder.

Nomenclatura:			Número de Reynolds
g	Aceleración de la gravedad (m/s²)		Re_D=ρuD/μ
β	Coeficiente de expansión volumétrica (K^{-1})		Número de Nusselt
T_s	Temperatura superficial (K)		Nu=hD/k_c
T_∞	Temperatura de la corriente (K)		Número de Grashof
D	Diámetro del cilindro (m)		Gr_D=ρB(T_s-T_∞)D^3/v^2
v	Viscosidad cinemática (m²/s)		Número de Richardson
μ	Viscosidad dinámica (Pa.s)		Ri=Gr_D/Re^2_D
h	Coeficiente de convección (W/m²K)	Pr	Número de Prandtl
n	Índice de comportamiento		Pr=v/α
k	Índice de consistencia (Pa.s)		Esfuerzo cortante N/m²
k_c	Conductividad térmica del fluido (W/K·m)		
	Velocidad de deformación (s^{-1})	δ	Separación entre placas (m)
α	Difusividad térmica (m²/s)	ξ	Espesor del cilindro de cobre (m)
ū	Velocidad de flujo promedio (m/s)		

1 I INTRODUCCIÓN

Tanto la convección natural como la forzada se han estudiado extensamente de manera teórica y experimental debido a su importancia en diversos dispositivos o procesos industriales, principalmente en los que se tiene fluidos confinados, como pueden ser los intercambiadores de calor, reactores nucleares, cavidades, o bien en sistemas más complejos como son los sistemas de aire acondicionado, incluso en yacimientos donde el medio poroso está saturado por aceite y sujeto a gradientes geotérmicos. El estudio de la transferencia de calor se realiza teniendo en cuenta el origen del movimiento del fluido, es decir, cuando el movimiento del fluido se debe a las fuerzas de flotación debido a cambios en la densidad por la presencia de gradientes de temperatura entonces, se considera que existe una convección natural. Cuando el movimiento del fluido lo genera algún sistema externo, se conoce como convección forzada. Sin embargo, cuando las fuerzas de flotación y las fuerzas inerciales del flujo forzado son del mismo orden entonces, se presentan las condiciones de una convección mixta. Para determinar el tipo de convección presente se establece como criterio el número de Richardson que se define como, $Ri=Gr_D/Re^2_D$, a partir del cual se definen los siguientes criterios: Para valores pequeños $Ri<0.01$, las fuerzas de inerciales originadas por el flujo forzado son mayores que la fuerzas de flotación, por lo que la convección forzada es el principal mecanismo de transferencia de calor. Cuando se tiene valores más grandes de $Ri>10$ entonces, las fuerzas de flotación dominan a las fuerzas inerciales por lo que la convección natural predomina. La convección mixta se presenta generalmente cuando se tienen valores moderados del número de Reynolds, lo que es

común cuando se trabajan fluidos no Newtonianos y el rango en el que se estima que la convección mixta tiene una mayor presencia es $0.01<Ri<10$.

Diversos estudios de la convección en canales para fluidos no Newtonianos se han desarrollado con anterioridad, en los estudios teóricos se emplean diferentes leyes de comportamiento para la viscosidad dada su complejidad y variedad [1-6]. En estos estudios se determinan el coeficiente de transferencia de calor adimensional, campos de velocidades, campos de temperatura, coeficiente de fricción en las paredes para diferentes relaciones de aspecto del canal. La mayoría de los estudio de fluidos no Newtonianos se realiza utilizando a la ley de potencia como ley de comportamiento para la viscosidad, $\tau=k(\dot{\gamma})^{n}$, donde n es el índice de comportamiento y k es el coeficiente de consistencia dimensional. En este sentido diversos autores estudian la dependencia de la transferencia de calor respecto al índice de comportamiento “n” [6-12]. Matin M.H. and Khan W.A. [9] presentan un estudio para la convección natural en cilindros concéntricos y determina que el Nusselt disminuye con el decrecimiento del índice de comportamiento “n”.

Otro estudio presentado por B.K. Rao [10] determinan experimentalmente un comportamiento similar para el Nusselt en función de “n”, en este caso el estudio de la convección forzada se realiza en un cilindro a contraflujo. En el caso de la convección mixta, Chandra [11] realiza un estudio de la convección alrededor de un semicilindro para un flujo asistido, en el que el índice de comportamiento es contemplado a través del número de Reynolds modificado, los resultados muestran que el número de Nusselt crece en relación al incremento del número de Reynolds mientras, el coeficiente de arrastre se incrementa respecto al aumento del número de Richardson,

Para valores de ***Ri*** cercanos a la unidad la convección mixta es el mecanismo de transferencia de calor que predomina [11,12], en este sentido Bhowmick, *et al.*, [11] presenta un estudio numérico de la convección mixta en un flujo asistido alrededor de un cilindro para un fluido no Newtoniano con valor del coeficiente de comportamiento, ***n** = 0.6*, compara sus resultados para el numero de Nusselt contra el valor de un fluido Newtoniano.

Entender de mejor manera la convección mixta en fluidos no Newtonianos es la principal motivación de éste trabajo, para ello se presenta un estudio experimentalmente de la convección mixta alrededor de un cilindro a contraflujo y en flujo asistido en un canal.

En la sección dos se describe el modelo y se detalla el procedimiento experimental de las condiciones establecidas a través del número Grashof. En la sección tres se muestran de manera gráfica los resultados del número de Nusselt, ***Nu***, contra el número de Richardson, ***Ri***. Por último se mencionan las principales conclusiones derivadas de este estudio.

2 | EXPERIMENTOS.

El dispositivo experimental, Figura 1, es una celda de Hele-Shaw formada por dos

placas de acrílico transparente de largo L= $60x10^{-2}$ m, ancho w= $45x10^{-2}$ m y una separación entre placas δ=$2.3x10^{-2}$ m. Con estas dimensiones se garantiza un flujo desarrollado [13] ya que la longitud de desarrollo se estima menor a 10 cm para el Reynolds más grande. En el centro de la celda está colocado un cilindro de cobre de D = 2.54 $x10^{-2}$ m, y espesor ξ = 2.5 $x10^{-2}$ m con una conductividad térmica k_c=*400 W/*Km y dentro del cilindro hay una resistencia eléctrica de 20 Watts. El cilindro se encuentra aislado en los extremos con corcho para reducir al máximo las pérdidas de calor por conducción.

El fluido de trabajo es una solución acuosa al 2%, 3% y 4% de carboximetil de celulosa de sodio, cuya viscosidad se ajusta la Ley de Potencia con ***n***=0.56, 0.64 y 0.75 mientras que para ***k***= 0.44 , 0.184 y 0.044 respectivamente [13].

En la parte superior del dispositivo se coloca un tanque en el que hay un serpentín de enfriamiento y un filtro. Por el serpentín circula agua proveniente de un baño térmico, con resolución de ± 0.1°C, y mantiene al fluido de entrada a la celda a una temperatura de 20.5 °C. Mientras que el filtro ayuda a disminuir las burbujas provocadas por el fluido que reingresa al tanque proveniente de la salida de la celda. Para las condiciones de contraflujo se emplea una bomba hidráulica de ½ hp y mediante una serie de válvulas s regula el flujo de entrada.

Los experimentos inician fijando un gasto de acuerdo al número de Reynolds deseado, para medir el gasto se emplea un flujometro digital con una resolución de ±0.1 lt/seg, una vez realizado esto, mediante un variac se suministra voltaje y corriente a la resistencia eléctrica y se ajustan estos valores hasta alcanzar la temperatura en la superficie del cilindro de acuerdo al número de Grashof que se estudia.

Las condiciones de estado permanentes se alcanzan cuando la temperatura en la superficie del cilindro no cambia, para verificar ésta condición se emplean cuatro termopares tipo k incrustados en la parte superior, inferior, izquierdo y derecho del cilindro, cada termopar esta colocado a la mitad de espesor del cilindro de cobre.

Una vez que se alcanza la temperatura deseada, el equipo se deja funcionar por 30 minutos para garantizar las condiciones de estado permanente y se toman valores de corriente y voltaje. Posteriormente, se modifica el gasto para el siguiente número de Reynolds.

Durante los experimentos para el flujo asistido se manejaron 10 valores del número de Reynolds 20 < Re_D< 500 y cuatro valores para el número de Grashof Gr_D = $1.2x10^5$, 4.4 $x10^5$, 5.8 $x10^5$, 1.2 $x10^6$, con éstos valores se logra tener una rango del número de Richardson de 1.2< Ri < 2100, con lo que se garantiza tener las tres condiciones de convección. Durante el desarrollo de los experimentos cada punto fue verificado 3 veces con lo que se obtuvieron los valores promedios que son reportados más adelante en las Figuras 3,4 y 5.

Para las condiciones de contraflujo se manejaron 10 valores del número de Reynolds 0.01 < Re_D< 20 y dos valores para el número de Grashof Gr_D = 63 y 128, con éstos

valores se logra tener un rango del número de Richardson de $0.5 < \boldsymbol{Ri} < 170$, con lo que se garantiza tener las tres condiciones de convección, natural, mixta y forzada. Durante el desarrollo de los experimentos cada punto fue verificado 3 veces con lo que se obtuvieron los valores promedios que son reportados más adelante.

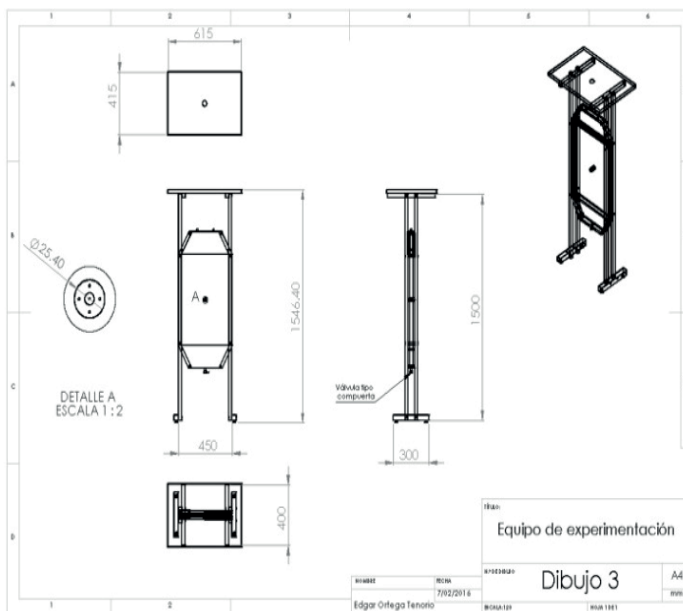



Figura 1 – Esquema del equipo experimental.

Figura 2 – Dispositivo experimental.

3 I RESULTADOS

Flujo asistido

En la figura 3, se presenta el comportamiento del número de Nusselt está en función del número de Richardson . Las cuatro curvas comienzan en una convección forzada para valores 1<Ri<3. La convección mixta se presenta en un rango de 3<Ri<10, mientras que la convección natural se tiene para valores Ri>10.

En la figura 4, se muestra a detalle el comportamiento para la convección mixta, como se observa el número de Nusselt tiene un mínimo para valores cercanos a cinco del número de Richardson para las cuatro curvas.

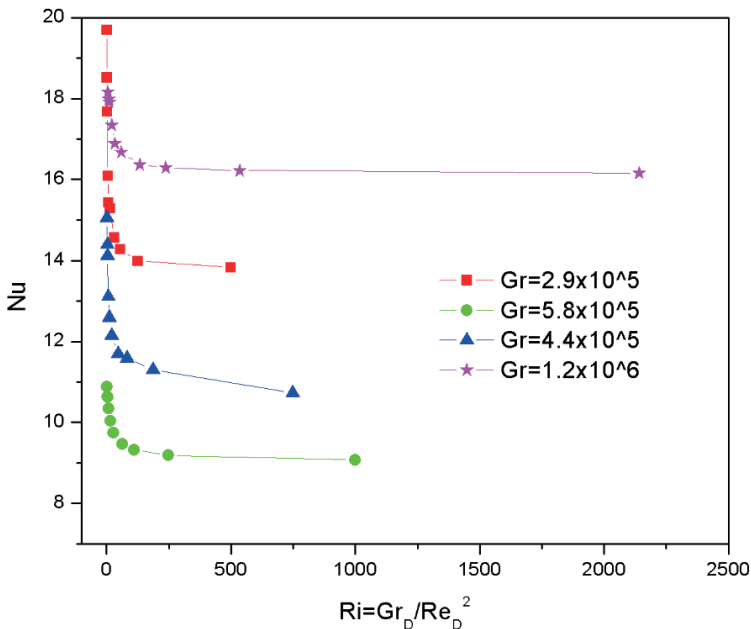



Figura 3 – Números de Nusselt vs $R_i = Gr/Re^2$, para diferentes números de Grashof.

En la Figura 5 se reporta el comportamiento del número de Nusselt contra el número de Reynolds. El comportamiento es un crecimiento monótono para las cuatro curvas, en cada una de ellas se tiene una disminución en la transferencia de calor para valores específicos del número de Reynolds. Además, la transferencia de calor disminuye en función del número de Grashof para los primeros dos valores (Gr_D = 1.2x10^5, 4.4 x10^5) y posteriormente se incrementa en los dos últimos caso (Gr_D = 5.8 x10^5, 1.2 x10^6), este mismo comportamiento se tiene para el caso de un fluido newtoniano, Figura 6, como se observa el fluido newtoniano presenta la misma tendencia de fluido no-newtoniano.

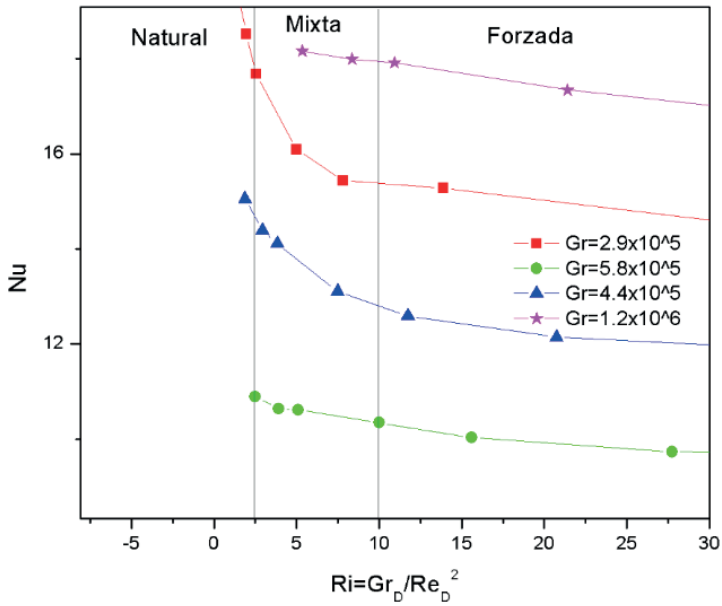



Figura 4 – Números de Nusselt vs Re_D, para diferentes números de Grashof.

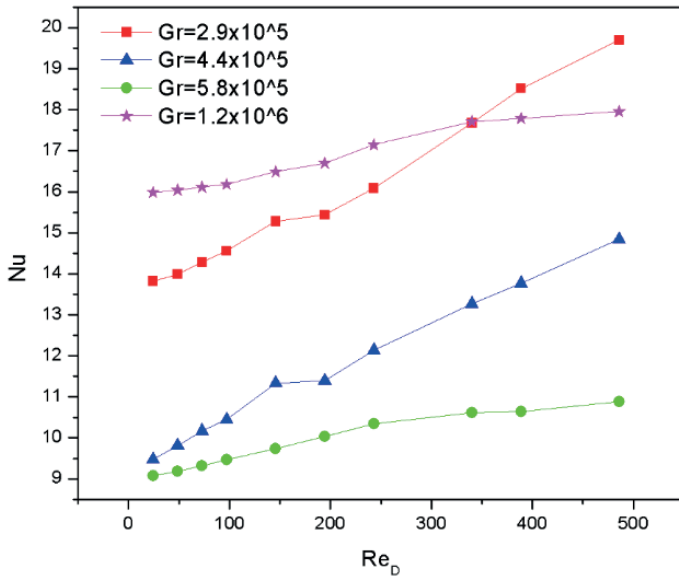



Figura 5 – Números de Nusselt vs Re_D, para diferentes números de Grashof, para un una solución del 3% de CMC.

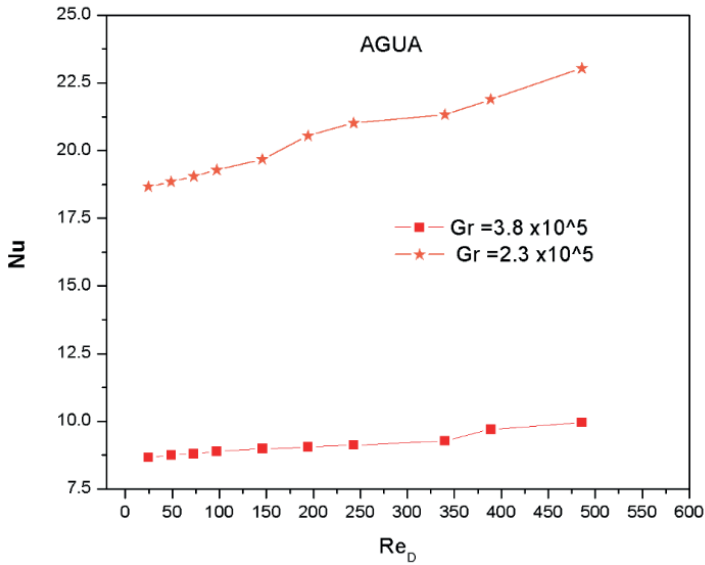



Figura 6 – Números de Nusselt vs Re_D, para diferentes números de Grashof, para agua.

Contra Flujo

En la Figura 7 se presenta el número de Nusselt está en función del número de Reynolds $\boldsymbol{Re_D}$. En ambos casos se observa una disminución de la transferencia de calor para valores cercanos a la unidad del número de Reynolds generalizado, para valores superiores a la unidad el número de Nusselt presenta un crecimiento monótono.

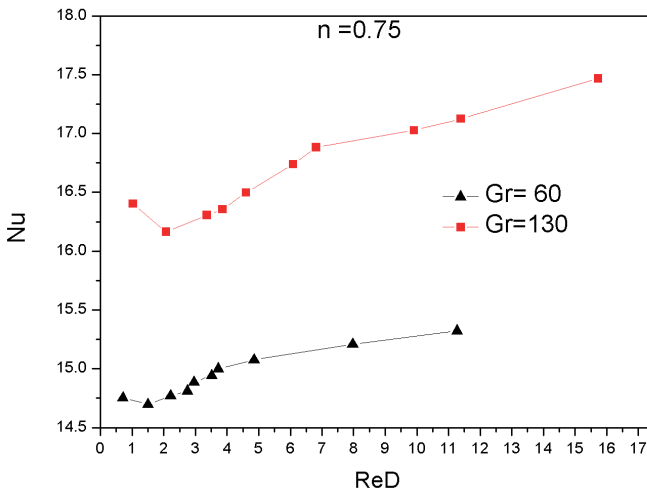



Figura 7. Comportamiento del coeficiente adimensional de transferencia de calor Nu, en función del número de Reynolds Generalizado

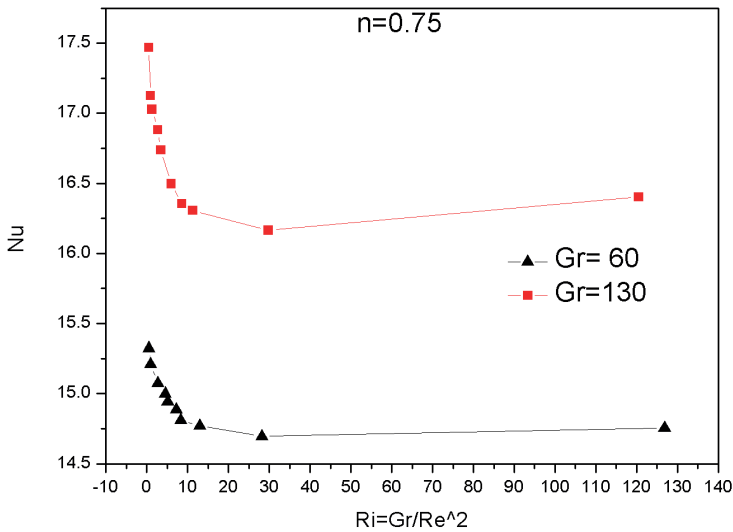



Figura 8. Números de Nusselt vs Ri, para un fluido pseudoplástico con un valor del índice de comportamiento n=0.75.

En la Figura 8, se muestra la variación del número de Nusselt en función del Parámetro de flotación, **Ri**, como se observa para valores menores a la unidad del número Richardson se tiene los valores máximos de transferencia de calor. Además, se observa que se alcanza un valor mínimo en el número de Nusselt para valores cercanos a 30 del parámetro de flotación y para valores superiores a 30 se tiene un crecimiento lineal de la transferencia de calor.

En la Figura 9, se presenta la variación de la transferencia de calor en función del número de Richardson para un fluido Pseudoplastico para un valor del índice de comportamiento n=0.56, como se observa el comportamiento es muy similar al del fluido con un valor de índice de comportamiento n=0.75, Figura 8. Sin embargo, para este caso el valor mínimo se alcanza para valores del parámetro de flotación alrededor de 50. Para valores mayores se presenta un incremento lineal del número de Nusselt.

Finalmente en la Figura 10, se muestra una comparación entre los dos fluidos Pseudoplastico, como se observa existe una clara disminución de la transferencia de calor para un valor de n=0.56 respecto al valor de n=0.75.

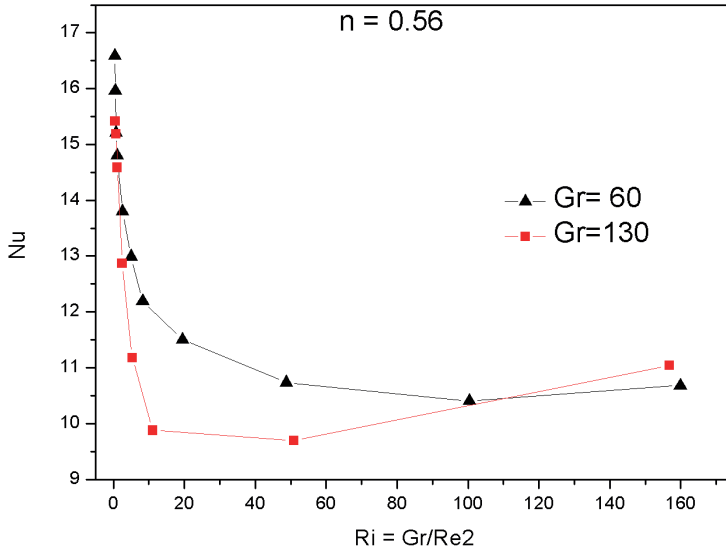



Figura 9 – Números de Nusselt vs Ri, para un fluido pseudo plástico con un valor del índice de comportamiento n=0.56.

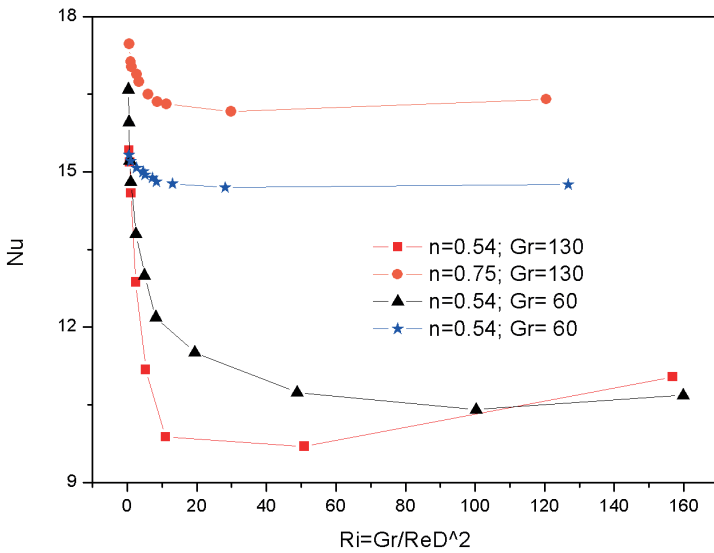



Figura 10 – Comparación del número de Nusselt vs Ri, para fluidos pseudo plásticos con un valor del índice de comportamiento n=0.56 y n=0.75

4 I CONCLUSIONES

Flujo asistido

Los resultados muestran que la transferencia de calor disminuye cuando el número de Reynolds toma valores en el rango de $3<Ri<10$, bajo estas condiciones la convección mixta está presente Ri~1 ya que, tanto las fuerzas de flotación como fuerzas inerciales son del mismo orden y en consecuencia se genera una zona de baja velocidad e incluso de estancamiento alrededor del cilindro por lo que, la transferencia de calor se debe principalmente a un proceso conductivo. Como resultado del incremento de la velocidad del flujo, lo que implica valores pequeños del número Reynolds $Ri<3$ la transferencia de calor se lleva a cabo mediante la convección forzada. Sin embargo para valores pequeños del número de Reynolds, es decir valores grandes del número de Richardson $Ri>10$ la convección natural rige la transferencia de calor.

Otro aspecto importante es la disminución de la transferencia de calor con el incremento de número de Grashof, para valores (Gr_D = $1.2x10^5$, $4.4\ x10^5$). Mientras que para valores mayores la transferencia de calor sigue un crecimiento monótono.

Finalmente, la convección mixta es un régimen que provoca una disminución en la trasferencia de calor.

Contraflujo

Los resultados muestran que la transferencia de calor disminuye cuando el número de Reynolds toma valores en el rango de $1<Re<5$, bajo estas condiciones la convección mixta está presente, sin embargo a diferencia de un fluido newtoniano en donde la convección mixta se presenta para valores Ri~1, en este caso se alcanza para valores mayores 30≤Ri. Además se puede concluir que para valores del índice de comportamiento “n” menores a la unidad la transferencia de calor disminuye significativamente y las condiciones para la convección mixta se alcanzan a valores cada vez mayores del parámetro de flotación, Ri. En general la convección mixta no favorece a la transferencia de calor, ya que en comparación a la convección natural y forzada presenta los valores más pequeños del número de Nusselt.

REFERENCIAS

[1] Monica F. Naccache,. Paulo R. Souza. Heat Transfer to non-Newtonian fluid in laminar flow through rectangular ducts. Int. J Heat al Fluid Flow.,Vol. 17 No. 6, December 1996.

[2] Shankar P., Gouranga Ch. Free convection flow of no-Newtonians Fluids between Parallels Walls.,

[3] Gupta, R.C. (2001). On developing laminar non-Newtonian flow in pipes and channels. Nonlinear Analysis: Real World Applications, Vol. 2, pp. 171-193.

[4] Hatami M. and Ganji D.D. (2014). Natural convection of sodium alginate (SA) non-Newtonian nanofluid flow between two vertical flat plates by analytical and numerical methods. Case Studies in Thermal Engineering, Vol. 2, pp. 14-22.

[5] Guha A. and Pradan K. (2014). Natural convection of non-Newtonian power-law fluid son a horizontal plate. International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 70, pp. 930-938.

[6] Molla M.M. and Yao L.S. (2009). Mixed convection of non-Newtonian fluids along a heated vertical flat plate. International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 52, pp. 3266-3271.

[7] Bird, R.B., Armstrong, R.C., Hassager, O., 1960. Dynamics of Polymeric Liquids, vol. 1. Wiley, New York

[8] Skelland, A.H.P., 1967. Non-Newtonian Flow and Heat Transfer. Wiley, New York.

[9] Matin M.H. and Khan W.A. (2013). Laminar natural convection of non-Newtonian power-law fluids between concentric circular cylinders. International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol. 43, pp. 112-121.

[10] B.K. Rao., Heat transfer to non-Newtonian flows over a cylinder in cross flow, International Journal of Heat and Fluid Flow 21 (2000) 693-700

[11] Chandra, A. and Chhabra R.P. (2012). Mixed convection from a heated semi-circular cylinder to power-law fluids in steady flow regime. International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 55, pp. 214-234.

[12] Bhowmick, S., Molla, Md. M., Mia, M., and Saha, S.C. (2014). Non-Newtonian Mixed Convection Flow from a Horizontal Circular Cylinder with Uniform Surface Heat Flux. Procedia Engineering, Vol. 90, pp. 510-516.

[13] Phino, F.T. and Whitelaw. (1990). Flow of non-Newtonian fluids in a pipe. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, Vol. 34, pp. 129-144

CAPÍTULO 5

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ÁCIDO OXÁLICO DURANTE EL PROCESO DE CONGELADO DE LA OCA (*oxalis tuberosa* Mol) EN EL PROCESAMIENTO DE LA KCAYA

Data de aceite: 02/10/2023

Olivia Magaly Luque Vilca
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9000-4624

Lenin Quille Quille
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0003-3824-5268

Rocio Maritza Escarcena Quispe
Universidad Nacional de Juliaca
Orcid: https://orcid.org/0009-0009-2948-5017

Noe Benjamin Pampa Quispe
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8072-249X

Tania Jakeline Choque Rivera
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
Orcid https://orcid.org/0000-0002-3305-0755

Carlos Ricardo Hanco Cervantes
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
Orcid: https://orcid.org/0009-0002-8527-0274

Yimy Hancco Cayllahua
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-8250-9665

Edgardo Martín. Figueroa Donayre
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-7891-3334

Jhon Richard Huanca Suaquita
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-6683-8859

RESUMEN: La oca es un tubérculo con un gran valor nutricional y rico en compuestos bioactivos especialmente en antioxidantes, debido a su importancia para la salud humana, por que ayudan a combatir el estrés oxidativo y proteger las células del daño causado por los radicales libres, mientras el ácido oxálico lo implican en la formación de cálculos renales. A razón de ello en el presente trabajo se evaluó la capacidad antioxidante y el contenido de ácido oxálico durante el proceso de congelado de la oca (*Oxalis tuberosa* Mol) en el procesamiento de la kcaya, que son relevantes desde el punto de vista nutricional y calidad del

producto final. La materia prima utilizada es oca de la variedad Luki rosada. Se utilizó el diseño central compuesto con 2 factores siendo el tiempo con niveles de 9.5, 12,18, 24 y 26 h y temperatura con niveles de -21, -18, -10.5, -3, y -0.1°C, estimando los parámetros de congelación más adecuados, en función a su capacidad antioxidante (CA) y ácido oxálico (AO), considerando que, durante el proceso de congelado, se pueden producir cambios en la actividad antioxidante de la oca debido a la ruptura de las estructuras celulares. Se estimó que a parámetros de -10.5°C /9.5 h. se tiene menor degradación de capacidad antioxidante con un valor de 9.29 µm de Trolox/ g. y menor aumento de ácido oxálico con un valor de 0.196%. En conclusión, la congelación afecta significativamente en el contenido de CA y AO de esta forma se brinda información útil para la industria alimentaria y promoviendo la producción de alimentos saludables y de calidad.
PALABRAS CLAVES: antioxidantes, congelado Kcaya, y oca.

ABSTRACT: The oca is a tuber with a great nutritional value and rich in bioactive compounds, especially antioxidants, due to their importance for human health, because they help to combat oxidative stress and protect cells from damage caused by free radicals, while oxalic acid is implicated in the formation of kidney stones. For this reason, the antioxidant capacity and oxalic acid content during the freezing process of oca (*Oxalis tuberosa* Mol) in the processing of kcaya, which are relevant from the nutritional point of view and quality of the final product, were evaluated in the present study. The raw material used is goose of the pink Luki variety. The central composite design was used with 2 factors being time with levels of 9.5, 12,18, 24 and 26 h and temperature with levels of -21, -18, -10.5, -3, and -0.1°C, estimating the most appropriate freezing parameters, according to their antioxidant capacity (AC) and oxalic acid (OA), considering that, during the freezing process, changes in the antioxidant activity of the goose can occur due to the rupture of the cellular structures. It was estimated that at parameters of -10.5°C /9.5 h. there is less degradation of antioxidant capacity with a value of 9.29 µm of Trolox/ g. and less increase of oxalic acid with a value of 0.196%. In conclusion, freezing significantly affects CA and AO content, thus providing useful information for the food industry.
KEYWORDS: antioxidants, frozen Kcaya, and oca.

1 | INTRODUCCIÓN

La oca (*Oxalis tuberosa* Mol) es un tubérculo nativo de los Andes, cultivado principalmente en Perú, Bolivia y Ecuador. En orden de importancia alimenticia y económica, ocupa el segundo lugar después de la papa y consumido desde tiempos ancestrales. Su importancia radica en su valor nutricional y sus propiedades físicoquímicas que la convierten en un alimento versátil y prometedor, es así que la oca se le atribuye propiedades funcionales como ser un agente preventivo de dolencias digestivas y elevada actividad antioxidante (Chirinos et al., 2009), que son beneficiosos para la salud y nutrición humana, sin embargo contiene oxalatos solubles en un rango de 92-221 mg / 100 g de peso fresco que es responsable del sabor amargo de este tubérculo, que tiene efectos nocivos sobre la nutrición y la salud humana, es así que el ácido oxálico puede inhibir la absorción

de calcio y facilitar la formación de cálculos renales (Huynh et al., 2022).

En la búsqueda de alternativas alimentarias saludables y nutritivas, el procesamiento de la oca a través de técnicas ancestrales se ha transformado en productos como la Kcaya o UmaKaya, por lo que estos métodos permiten la conservación de productos a partir de la oca durante períodos prolongados, que consiste en congelar el producto durante la noche y luego secar al sol durante el día, de esta forma se utiliza las técnicas de congelado y secado respectivamente. Por lo que es importante la evaluación de las propiedades físicoquímicas de la oca durante el proceso de congelado para comprender los cambios que experimenta este tubérculo y determinar la calidad y estabilidad de la kcaya obtenida. Dichas propiedades incluyen aspectos como la composición química, características fisicoquímicas, contenido de nutrientes y capacidad antioxidante, entre otros.

Es así que el congelado de la oca implica la reducción de su temperatura a niveles muy bajos, lo que tiene un impacto en su estructura celular y contenido de agua, por lo que se tiene reducción de la actividad de agua que permite prevenir el crecimiento de microorganismos y disminuir las reacciones químicas de deterioro. Durante este proceso, pueden producirse cambios en la textura, color, sabor y nutrientes de la oca. Por otro lado, el secado implica la eliminación del agua presente en la oca congelada, lo que puede afectar aún más su estructura y composición química, por lo que es importante la evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la oca durante el procesamiento de congelado para optimizar las condiciones de estos procesos y garantizar la calidad y seguridad del producto final lo que proporciona información valiosa sobre su estabilidad durante el almacenamiento y su potencial como alimento nutritivo y funcional (Sun et al., 2023).

En este estudio, se busca profundizar en la comprensión de las propiedades fisicoquímicas de la oca durante el proceso congelado operación que se realiza durante el procesamiento de la kcaya. Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento científico sobre el procesamiento de la oca y su potencial como alimento funcional, ampliando así las opciones alimentarias y promoviendo el desarrollo sostenible en las regiones donde se cultiva este valioso tubérculo, por lo que su popularidad de los productos andinos sigue creciendo a escala mundial, pero se debe adaptar al estilo de vida de los consumidores con productos de alto valor agregado, basados en sus propiedades funcionales, que mejoran el sistema inmunológico y la salud pública.

2 I MATERIALES Y METODOS

2.1 MATERIALES

Se utilizó oca de la variedad Luki rosada, adquirida de la ciudad de Yunguyo, Departamento de Puno, ubicado en el altiplano peruano a una altura de 3 826 metros sobre el nivel del mar, con las coordenadas 16°14′39″S 69°05′34″O.

Figura 01: Oca - variedad Luki rosada

2.2 REACTIVOS

Los reactivos utilizados fueron son ABTS (2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico), trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), hidróxido de sodio 0.1 N que fueron obtenidos de Sigma-Aldrich, etanol 99% de J.T. Baker, indicador fenolftaleína, agua destilada, agua ultrapura.

2.3 METODOLOGÍA.

2.3.1 Análisis proximal

Se realizó el análisis proximal de la oca, considerando la determinación de la humedad (%) por el método gravimétrico, proteína (%) por el método Kjeldahl, grasa cruda (%) por el método extracción Soxhlet, cenizas (%) por el método gravimétrico, carbohidratos (%) se determinó por diferencia, fibra cruda (%) por el método digestión ácida y neutralización con NaOH, y energía total (Kcal).

2.3.2 Análisis de cuantificación de capacidad antioxidante y ácido oxálico

El análisis de la capacidad antioxidante se utilizó el método ABTS descrito por Monar (2014), y la determinación del ácido oxálico (%) se utilizó método descrito por Bartholomai et al., (2000).

Cálculos de la curva de calibración

Volumen Trolox (µL)	Solvente (µL)	Concentración (µmol/L)
0	3000	0
300	2700	100
600	2400	200
900	2100	300
1200	1800	400
1500	1500	500
1800	1200	600

Tabla 1: Preparación de estándares Trolox

Ecuación que corresponde a la curva de calibración:

$$Y = 1.0442X + 0.0352 \quad (1)$$

$$\Delta\, Abs \ = bs\, muestra - Abs\, control \quad (2)$$

$$X = \frac{\Delta\, Abs - 0.0352}{1.0442} \quad (3)$$

Dónde:

Abs control: es la absorbancia control, Abs muestra: es la absorbancia de la muestra; X=Capacidad antioxidante (µmol trolox/g); ΔAbs= diferencia de absorbancia.

Cálculos para la valoración del ácido oxálico

$$\%\, AO \ = \frac{ml(NaOH) * N(NaOH) * meq(acido\ oxalico)10 * v(ml)}{p(g) * v(alicuota\ ml)} * 100 \qquad (4)$$

Donde:

%AO : porcentaje de ácido oxálico; ml (NaOH): mililitros de hidróxido de sodio gastado; N (NaOH): normalidad de hidróxido de sodio (0.1 N). Meq: Mili equivalente de ácido oxálico (90.04 g / mol). V (ml): volumen total de la muestra., p (g): peso de la muestra, V (alícuota): volumen de alícuota en mL.

2.3.3 Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Central Compuesto (DCC), considerando dos factores que son temperatura y tiempo de congelación que se muestra en la tabla 2. El diseño experimental se observa en la figura 2.

TRATAMIENTO	Valores naturales		Valores de respuesta	
	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)	Cap. Antioxidante	Ácido oxálico
1	-18.0	12.0	CA-01	AO1
2	-3.0	12.0	CA-02	AO2
3	-18.0	24.0	CA-03	AO3
4	-3.0	24.0	CA-04	AO4
5	-21.1	18.0	CA-05	AO5
6	0.11	18.0	CA-06	AO6
7	-10.5	9.5	CA-07	AO7
8	-10.5	26.5	CA-08	AO8
9	-10.5	18	CA-09	AO9
10	-10.5	18	CA-010	AO10
11	-10.5	18	CA-011	AO11

Tabla 2: Matriz del Diseño Central Compuesto (DCC)

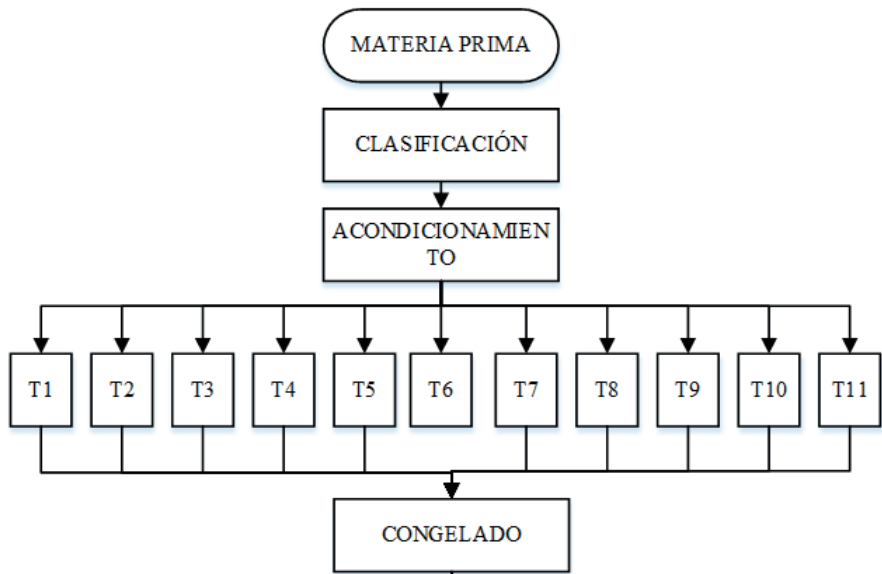



Figura 2. Diagrama de diseño experimental de la elaboración de kcaya a diferentes parámetros de congelado.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.4 Evaluación de la materia prima

3.4.1 Análisis proximal

Los resultados del análisis proximal de la oca fresca de variedad Luki rosada, se

observa en la tabla 3, resultados similares con las investigaciones realizadas por Vásquez Campos & Aurora Vigo, (2021) que reportó 79.14% de humedad, 1.04 % de proteína, 1.01% de cenizas, 13.30 % de carbohidratos y energía total 51 Kcal; diferencia que se debe a factores como son la genética, suelo, entre otros que influyen en las características de los tubérculos.

Determinación	Expresión	Resultado
Humedad	%	81.31
Proteína	%	0.99
Grasa	%	0.40
Fibra	%	0.82
Ceniza	%	0.86
Carbohidrato	%	16.44
Energía	Kcal	73.32

Tabla 3: Análisis proximal de la oca fresca

3.4.2 Capacidad antioxidante (CA) y ácido oxálico (AO)

Los resultados con respecto a la capacidad antioxidante y ácido oxálico de la oca de variedad Luki rosada, se reportan en la tabla 4.

Determinación	Expresión	Resultado
Capacidad antioxidante	µmol trolox/g	9.91
Ácido oxálico	%	0.17

Tabla 4: contenido de Capacidad antioxidante y ácido oxálico de la oca

La oca presentó un contenido de 9.91 μmol trolox/g de capacidad antioxidante; datos que se asemejan a los que presenta Chirinos et al., (2018), reportando 13.2 μmol trolox/g en ocas frescas en la variedad keny rosada, así tambien Monar, (2014) reporto 13.41 y 9.52 μmol trolox/g. en ocas frescas de variedad lluch´uopa y bola kamusa. Es así que la capacidad antioxidante de distintos genotipos oscila entre 1.10 y 8.9 μmol trolox/g de peso fresco de oca (Monar, 2014).

Por otra parte, la oca presento un contenido de 0.17% de ácido oxálico, valor cercano a 0.071, 0.106 y 0.110% reportado por Monar, (2014) para la variedad rojo grisáceo, amarillo señorita y rosado, respectivamente, mientras que Pérez, (2019), reportan una acidez de 0.076% en la variedad roceo violácea, variable que guarda relación con el grado de madurez del tubérculo.

3.5 Evaluación del tiempo y temperatura de congelación de oca (*Oxalis tuberosa)* sobre la capacidad antioxidante.

Los resultados de los parámetros de tiempo y temperatura de congelación con

respecto al contenido de Capacidad Antioxidante se muestran en la tabla 5.

N° Tratamientos	Temperatura	Tiempo	Promedio Abs.	CA (µmol de Trolox/g)
1	-18.0	12.0	0.52	9.03
2	-3.0	12.0	0.52	9.40
3	-18.0	24.0	0.54	8.25
4	-3.0	24.0	0.53	8.80
5	-21.1	18.0	0.53	8.44
6	-0.1	18.0	0.52	9.57
7	-10.5	9.5	0.52	9.29
8	-10.5	26.0	0.54	8.04
9	-10.5	18.0	0.53	9.03
10	-10.5	18.0	0.53	9.03
11	-10.5	18.0	0.53	9.03

Tabla 5: Cuantificación de la capacidad antioxidante de los tratamientos

En la figura 3, se aprecia que el contenido de capacidad antioxidante es dependiente al tiempo y la temperatura de congelación. A mayor tiempo y menor temperatura de congelación, es menor el contenido de capacidad antioxidante mientras, a menor tiempo y mayor temperatura es menor la reducción de la capacidad antioxidante. Los resultados de los tratamientos indican que a parámetros de -0.1°C/18h y -3°C/12h, se obtuvo menor degradación de capacidad antioxidante.

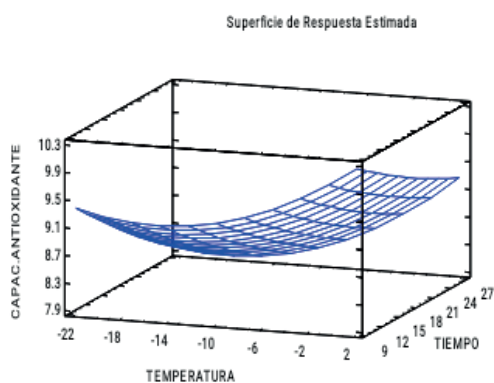



Figura 3. Gráficas de superficie de respuesta respecto al tiempo y temperatura respecto a la cantidad de capacidad antioxidante.

También el proceso de congelación afecta al contenido de vitamina C, fenoles totales y la actividad antioxidante (Molina et al., 2015), este descenso se debe al aumento de la temperatura que afecta a los compuestos antioxidantes como los compuestos

fenólicos y antocianinas (Aktumsek et al., 2013), puesto que la vitamina es soluble al agua, transferencia de masa, sensibilidad al calor y oxidación enzimática.

3.6 Evaluación de los parámetros de tiempo y temperatura de congelación con respecto al contenido de ácido oxálico

En la tabla 6 se muestra la cuantificación del ácido oxálico de la oca congelada.

N° Tratamientos	Temperatura	Tiempo	Prom. (mL)	% ácido oxálico
1	-18.0	12.0	1.52	0.23
2	-3.0	12.0	1.29	0.19
3	-18.0	24.0	1.74	0.26
4	-3.0	24.0	1.38	0.21
5	-21.1	18.0	1.64	0.25
6	-0.1	18.0	1.21	0.18
7	-10.5	9.5	1.31	0.19
8	-10.5	26.0	1.88	0.28
9	-10.5	18.0	1.40	0.23
10	-10.5	18.0	1.41	0.23
11	-10.5	18.0	1.40	0.22

Tabla 6: Cuantificación de ácido oxálico en porcentaje en los 11 tratamientos

En la figura 4 se observa que el contenido de ácido oxálico que es dependiente al tiempo y la temperatura de congelación, a mayor tiempo y menor temperatura de congelación, es mayor el contenido de ácido oxálico mientras, a menor tiempo y mayor temperatura es mayor en contenido de ácido oxálico. Los resultados de los tratamientos indican que a parámetros de -0.1°C /18h y -3°C /12h presenta menor contenido de ácido oxálico. Por consiguiente, que a parámetros de -10, 5° C / 9.5 h. tuvo menor aumento de AO, con un contenido de 0.19%. La acidez aumenta significativamente con el tiempo de congelación, la liofilización afecta significativamente parámetros el contenido de acidez que tiende a reducirse (Arauz, 2009).

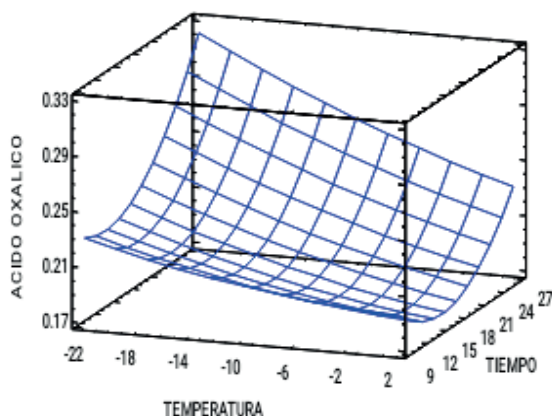



Figura 4. Gráficas de superficie de respuesta con respecto al tiempo y temperatura respecto a la cantidad de ácido oxálico.

4 I CONCLUSIONES

La congelación influye en el contenido de capacidad antioxidante y acido oxálico en la oca, a temperatura de -10.5°C durante 9.5 h. tuvo menor reducción de capacidad antioxidante con un contenido de 9.29 µM de Trolox/ g. y 0.196% de ácido oxálico, por lo tanto, la evaluación de la capacidad antioxidante y el contenido de ácido oxálico durante el procesamiento de la oca para obtener kcaya proporciona información valiosa para la industria alimentaria y los consumidores. Permite tomar decisiones informadas sobre las condiciones de congelado óptimas, asegurando la preservación de los compuestos beneficiosos para la salud y el control del ácido oxálico. Esto contribuye al desarrollo de alimentos saludables, seguros y nutritivos, promoviendo el consumo de la oca y diversificando las opciones alimentarias.

REFERENCIAS

Aktumsek, A., Zengin, G., Guler, G. O., Cakmak, Y. S., & Duran, A. (2013). Antioxidant potentials and anticholinesterase activities of methanolic and aqueous extracts of three endemic Centaurea L. species. *Food and Chemical Toxicology*, *55*, 290–296. https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.01.018

Arauz, E. (2009). *Efecto de tipo de edulcorante y el tiempo de inmersión en la deshidratación osmótica y por convección de piña (Ananas comosus)*. Proyecto de graduación previo a la obtención del título de ingenieros en alimentos. Carrera de Agroindustria Alimentaria. Honduras.

Bartholomai, G., Tosl, E., & Gonzales, R. (2000). Caracterización de compuestos nutritivos, no nutritivos y la calidad protéica. Buenos Aires.

Chirinos, R., Betalleluz-Pallardel, I., Huamán, A., Arbizu, C., Pedreschi, R., & Campos, D. (2009). HPLC-DAD characterisation of phenolic compounds from Andean oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) tubers and their contribution to the antioxidant capacity. *Food Chemistry*, *113*(4), 1243–1251. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.015

Chirinos, R., Ochoa, K., Aguilar-Galvez, A., Carpentier, S., Pedreschi, R., & Campos, D. (2018). Obtaining of peptides with in vitro antioxidant and angiotensin I converting enzyme inhibitory activities from cañihua protein (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Journal of Cereal Science*, *83*, 139–146. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.004

Huynh, N. K., Nguyen, D. H. M., & Nguyen, H. V. H. (2022). Effects of processing on oxalate contents in plant foods: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, *112*, 104685. https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2022.104685

Molina, Y., Caez, G., Rodríguez, M. L., Cerón, M. del S., & Garnica, A. M. (2015). Contenido De Antioxidantes En Papas Criollas Nativas (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) en Proceso de Precocción y Congelación. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *23*(36), 31–41.

Monar, V. (2014). *Determinación de la composición química y capacidad antioxidante de dos variedades de oca (Oxalis tuberosa): Bola Kamusa y Lluchú Oqa*. 47–51.

Pérez, E. (2019). Efecto de temperatura y tiempo de secado convectivo sobre la capacidad antioxidante y vitamina C en harina de oca (*Oxalis tuberosa*). *Universidad Nacional De Trujillo*, 1–53.

Sun, L., Zhu, Z., & Sun, D. W. (2023). Regulating ice formation for enhancing frozen food quality: Materials, mechanisms and challenges. *Trends in Food Science & Technology*, *139*, 104116. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2023.07.013

Vásquez Campos, J., & Aurora Vigo, E. F. (2021). Efecto de la temperatura y tiempo de fritura en la textura y color de un chip de oca (*Oxalis Tuberosa*). In *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación* (Vol. 8, Issue 1). https://doi.org/10.26495/icti.v8i1.1541

LOS MEMES COMO RECURSO EN LA FORMACIÓN DE COMPETENCIAS PROFESIONALES: CREATIVIDAD E IMAGINACIÓN

Data de submissão: 14/08/2023 *Data de aceite: 02/10/2023*

Javier Eduardo Viau
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, Argentina

Maria Alejandra Tintori Ferreira
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, Argentina

Natalia Vanesa Bartels
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, Argentina

Carmen Benitez
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, Argentina

RESUMEN: La enseñanza de las Ciencias en las Carreras de Ingeniería está actualmente en un proceso de desarrollo y cambio a nivel mundial. En parte, es debido a que la sociedad demanda de forma urgente ingenieros más innovadores y emprendedores. En tal sentido, la tarea esencial del profesor debe estar principalmente enfocada en preparar a los estudiantes para ser cada vez más creativos e imaginativos. Actualmente existe un amplio conceso de que la creatividad y la imaginación son competencias que pueden desarrollarse si se trabajan de forma adecuada. En la cátedra de Física 1 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, se viene trabajando en un proceso de innovación didáctica para mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje, bajo el propósito de facilitar la construcción y desarrollo de competencias profesionales durante el proceso de formación de los estudiantes. En este trabajo se expone la metodología y las instancias de implementación de una actividad evaluativa basada en un Concurso de Memes, (imágenes intervenidas con texto), para explicar o comentar una temática o contenido físico de la Mecánica Clásica. La propuesta se elaboró de manera tal que los estudiantes deban utilizar habilidades y capacidades relacionadas con el trabajo en equipo y el pensamiento creativo para su resolución. Con la puesta en práctica de la actividad, se espera que los estudiantes adquieran nuevos conocimientos, como así también desarrollen ciertas habilidades y formas de abordar las tareas profesionales.

PALABRAS CLAVES*:* Enseñanza de la

física, innovación didáctica, desarrollo de la creatividad, reformulación de la práctica docente

MEMES AS A RESOURCE FOR TRAINING PROFESSIONAL SKILLS: CREATIVITY AND IMAGINATION

ABSTRACT: Science education in engineering is currently undergoing a process of change and development around the world. This is partly due the society´s urgent demands for future engineers to become increasingly innovative and entrepreneurial. It is now widely recognized that creativity and imagination are skills that can be developed if they are properly worked on. Thus, the essential task of the teacher must focus primarily on preparing students to be creative and imaginative. The Physics 1 course of the Faculty of Engineering of the UNMDP has been working on a process of didactic innovation to improve the quality of teaching and learning. With the purpose of facilitating the construction and development of professional competences during the students' training process. This paper presents the methodology and the implementation instances of an evaluative activity based on a Memes Contest (images intervened with text), to explain or comment on a topic or physical content of Classical Mechanics. The proposal is designed in such a way that students must use skills and abilities related to teamwork and creative thinking to solve it. With the implementation of the activity, students are not only expected to acquire new knowledge, but also to enhance certain skills and ways of approaching professional tasks
KEYWORDS: Teaching physics, didactic innovation, development of creativity, reformulation of teaching practice.

1 I INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias en el ámbito universitario, especialmente en el ciclo básico, se encuentra en un proceso de desarrollo y cambio a nivel mundial. No obstante, las transformaciones más significativas que han tenido lugar en el proceso educativo se han centrado fundamentalmente en la revisión de los objetivos y en la reestructuración de contenidos, no así en los modelos e instrumentos de evaluación, (Martínez Rizo, 2013).

La evaluación constituye una de las categorías didácticas que requiere de mayor atención en cualquier proceso educativo. Dentro de las funciones de la evaluación, se destaca el papel que juega en el proceso de formación de los estudiantes, (Brown y Pickford, 2013).

En las Carreras de Ingeniería se observa que el proceso evaluativo, no considera su función continua y formativa, ya que se lleva a cabo mediante técnicas tradicionales, predominando instrumentos de carácter reproductivo, dirigidos a evaluar el resultado del aprendizaje y no el proceso mediante el cual se construye el conocimiento. Como así también, existe una tendencia a identificar la evaluación con la calificación numérica.

En general, este modelo de evaluación no analiza los procesos de pensamiento del estudiante y considera el error como falta de habilidades y conocimientos; por lo tanto, la evaluación pierde el sentido de ser parte integrada al proceso educativo y en consecuencia

no contribuye a la motivación de los estudiantes, provocando altas tasas de abandono y desgranamiento en las Carreras científico-tecnológicas.

Por otro lado, la sociedad demanda ingenieros capaces de crear e innovar, entre otros aspectos. Sin embargo, los términos diseñar, crear e innovar hacen referencia a una dimensión del ingeniero que excede su conocimiento científico-técnico. Dimensión que se desdibuja particularmente en el ciclo básico de la carrera donde se priorizan los conocimientos teóricos sobre la construcción de habilidades relacionadas con el pensamiento creativo, reflexivo y crítico, (Viau, Tintori y Bartels, 2019).

Esta situación requiere que la enseñanza centrada en las clases magistrales y basada en los contenidos de las disciplinas, tan habitual en el ámbito universitario, traslade su eje hacia una enseñanza con énfasis en el trabajo autónomo de los estudiantes y orientada al desarrollo de competencias profesionales relacionadas con el “saber hacer” y el “saber ser”, (Salinas, De Benito y Lizana, 2014). Esto conlleva a la formación de un ingeniero racionalmente competente, o en otras palabras al desarrollo integral del estudiante de ingeniería como ser humano, creativo e innovador, con habilidades y conocimiento para solucionar problemas en su contexto social, con un alto sentido de compromiso y responsabilidad.

Ante este escenario, en la catedra de Fisca 1 de las Carreras de Ingeniería de la universidad Nacional de Mar del Plata, se ha reformulado el sistema de evaluación, incorporando una nueva modalidad de evaluación mediada por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), basada en un concurso de Memes (imágenes intervenidas con texto) con contenidos científicos.

La actividad evaluativa está orientada a contribuir a que los estudiantes, mediante su participación y resolución, adquieran competencias relacionadas con el trabajo en equipo, la resolución de problemas, el pensamiento creativo y la comunicación entre pares.

Es importante resaltar, que la estrategia evaluativa presentada, no es una actividad aislada, sino que es parte del proceso pedagógico de la cátedra, basado en una metodología activa, que promueve una enseñanza centrada en el estudiante a través de actividades que posibilitan desarrollar en el estudiante habilidades de orden superior, como son: la colaboración, autoaprendizaje, la creatividad e imaginación, útiles no tan sólo para la vida académica sino también para la profesional.

2 | DESARROLLO

Contexto: La asignatura Física 1 corresponde al primer año de las 10 Carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Es una materia cuatrimestral, que en promedio es cursada por 150 estudiantes y se dicta en el 1º y 2º cuatrimestre.

El sistema de acreditación de Física 1 se basa en dos instancias: Habilitación que

permite al estudiante aprobar la materia y posteriormente presentarse al examen final, y Promoción, mediante la cual el estudiante aprueba la materia sin necesidad de presentarse a la instancia de examen final.

Diseño de la experiencia áulica: La propuesta denominada "*Concurso de Memes de contenidos físicos*" se basa en la presentación en formato digital de una foto intervenida con texto, en la cual el guion debe centrarse en un concepto físico de la Mecánica Clásica.

Como se mencionó anteriormente, la actividad evaluativa está orientada a que los estudiantes, mediante su participación y desarrollo, adquieran habilidades relacionadas con el trabajo en equipo, la resolución de problemas, el pensamiento creativo y la comunicación entre pares.

En este sentido, la actividad se configura como un instrumento de evaluación, tanto de contenidos como de competencias profesionales, y la calificación obtenida por los estudiantes en el concurso se refleja como puntos que pueden utilizar tanto para habilitar o promocionar la asignatura. La premiación con puntos permite un mayor compromiso por parte de todos los estudiantes en la realización de la actividad, ya que es de carácter no obligatoria, poniendo de manifiesto asimismo un ingrediente motivador.

En la tabla 1 se muestran las bases de la convocatoria del concurso y las pautas de evaluación.

Temas	Masa y peso, Calor y Temperatura, Leyes de Newton, Energía, Gravedad. Presión.
Desarrollo	GRUPAL: la cantidad de estudiantes será entre 3 como mínimo y 4 como máximo.
Calificación	Todos los trabajos presentados que respeten las normas de presentación, obtendrán 0.5 puntos para cada integrante del grupo. Se realizará una selección de los tres mejores trabajos, con el siguiente puntaje: 1º Puesto: 1.5 puntos, 2º Puesto:1 punto y 3º Puesto: 0.5 punto. Los puntos obtenidos por cada estudiante, se podrán utilizar para habilitar o promocionar la asignatura.
Normas de presentación	Formato: debe presentarse en formato digital (fotográfico) y en el trabajo el Meme debe ir acompañado de un título ilustrativo
Criterios de Evaluación	Originalidad: Cómo de singular es la o las imágenes y el texto incluidos en el Meme Creatividad: Aplicación de la imaginación en la configuración, diseño y elaboración de la imagen y texto incluidos en el Meme Rigor científico: correlación entre las imágenes y el texto con el contenido científico que se elige.

Tabla 1: Bases a la convocatoria "Concurso de Memes de contenidos físicos".

Implementación en el aula

La experiencia áulica se implementó durante el segundo cuatrimestre del 2020, en plena crisis sanitaria del Covid-19. El contexto dio lugar a rediseñar las practicas pedagógicas-didácticas en vistas a la virtualidad, pero particularmente a desarrollar entornos

de aprendizajes más personalizados, tendientes a sostener, organizar y acompañar a nuestro estudiante en el proceso de construcción del conocimiento, como así también, garantizarles una educación de calidad.

La implementación de la experiencia se puede resumir en las siguientes instancias que ponen de manifiesto el empleo pedagógico de la actividad evaluativa.

1º Difusión del concurso. La metodología de evaluación que se propone es novedosa, y significativamente diferente a la forma que los estudiantes están acostumbrados a ser evaluados en el ciclo básico de ingeniería. Por ello, fue indispensable comunicar la propuesta con la finalidad de motivar a los estudiantes a participar activamente desde el principio de la cursada. En tal sentido se realizaron dos encuentros sincrónicos en los cuales se explicaron las bases del concurso y durante toda la cursada se enviaron comunicaciones en formato video con el objetivo de animar a los estudiantes a participar de la actividad.

2º Espacios de intercambio. Se habilitó un foro de consulta y clases virtuales sincrónicas, de manera que los estudiantes puedan acceder a un espacio de aprendizaje más personalizado, en el cual resuelva sus dudas, intercambien opiniones y reflexionen sobre el desarrollo de sus trabajos, bajo el acompañamiento de los docentes.

3º Evaluación de los trabajos y devolución de los resultados. La valoración de los trabajos presentados en el concurso se realizó mediante una rúbrica. La elección de este instrumento de evaluación radica en que ha sido comprobado que permite medir el nivel aprendizaje y de desempeño de competencias, con criterios preestablecidos, además de proveer un marco de reflexión y revisión entre el docente y el estudiante, (Hamodi, y López, 2015).

Cabe destacar, que cada grupo de estudiantes recibieron su calificación mediante la entrega de una rubrica, de esta forma, tomaron conocimientos de los criterios evaluativos vinculados de manera precisas a los objetivos de aprendizaje propuestos.

4º Difusión de los trabajos. Al finalizar la cursada, se subieron al campus de la cátedra, todos los Memes presentado en el concurso, bajo un formato en el cual los estudiantes podían dejar sus opiniones y reflexiones sobre los trabajos realizados.

A modo de ejemplo del trabajo realizado por los estudiantes, mostramos imágenes de las propuestas presentadas (Figura 1).

Figura 1. Trabajos realizados por lo estudiantes y presentados en el “Concurso de Memes con contenidos físicos”

3 I EVALUACIÓN Y RESULTADOS

La actividad evaluativa era de carácter no obligatorio. Los estudiantes tenían la alternativa de habilitar o promocionar la asignatura sin necesidad de participar en el concurso de Memes. Por ello, consideramos que la experiencia fue muy positiva, ya que un número significativo de estudiantes presentaron sus trabajos en el concurso. En concreto 82 estudiantes de un total de 114 participaron en la convocatoria.

Con respecto a la evaluación de los trabajos, apreciamos que en su mayoría se combinan las imágenes, ideas y recursos en forma original y creativa, lo que demuestra que la experiencia contribuyó a que los estudiantes comiencen a “mover esos resortes mentales” en los que se basa la creatividad.

Los trabajos presentan un contenido narrativo atractivo en su diseño haciendo uso de diálogos que incorporan rasgos de comicidad y comunican correctamente los principios físicos abordados durante el desarrollo de la asignatura, teniendo en cuenta las representaciones y el lenguaje propio de la disciplina científica, lo que evidencia una buena adquisición de los contenidos.

Cabe destacar, que observamos un aumento significativo en la participación de los estudiantes en las clases (comparado con cohortes anteriores), como así también, un mayor compromiso hacia el aprendizaje de la física, a partir de la incorporación de estrategias didácticas innovadoras en la cátedra de Física 1. Esta actitud positiva de los estudiantes hacia la física repercute, sin duda, en la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje, lo cual incide en la disminución de las tasas de abandono y desgranamiento

en el ciclo básico de Ingeniería.

4 I CONSIDERACIONES FINALES

Hoy en día, facilitar y promover el desarrollo de competencias durante el proceso de formación, nos invita a los docentes a revisar las estrategias y metodologías de enseñanza y de aprendizaje, y orientarlas a la realización de actividades que permitan a los estudiantes avanzar en su desarrollo. Al mismo tiempo, es necesario reformular el proceso de evaluación con vistas a incluir metodologías que posibiliten estimar lo que el estudiante "sabe hacer" con los saberes asimilado.

La evaluación convertida en una herramienta de la formación de competencias es necesaria para lograr alcanzar los objetivos formulados dentro de este marco. Además, debe convertirse en un medio motivador, que permita mantener al estudiante inserto dentro del sistema de enseñanza y aprendizaje, y no que se potencie únicamente al momento de ser evaluado con los exámenes tradicionales.

REFERENCIAS

Brown, S. y Pickford, R. (2013). **Evaluación de habilidades y competencias en educación superior**. Madrid: Narcea Ediciones.

Hamodi, C., López, V. M., y López, A. T. (2015). **Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior**. *Perfiles Educativos, 36* (147), 146-161.

Martínez Rizo, F. (2013). **Dificultades para implementar la evaluación formativa: Revisión de literatura**. *Perfiles educativos*, *35* (139), 128-150.

Salinas, J., de Benito, B. y Lizana, A. (2014). **Competencias docentes para los nuevos escenarios de aprendizaje**. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 28 (1), 145-163.

Viau, J. E.; Tintori Ferreira, M. A.; y Bartels, N. V. (2019). **Un nuevo enfoque para la enseñanza de la Física en el ciclo básico de carreras de Ingeniería: evaluar y desarrollar competencias profesionales**. En: Cukierman, R. U.; Kalocai, G (Eds.). El enfoque por competencias en las ciencias básicas: casos y ejemplos en educación en Ingeniería (40–50). Buenos Aires: Edutecne.

CAPÍTULO 7

MODELO EMPÍRICO PARA ESTIMAR VALORES DE ÍNDICE ULTRAVIOLETA

Data de aceite: 02/10/2023

Ciro William Taipe Huamán
Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca, Perú
https://orcid.org/0000-0002-6075-5582

Matias Huillca Arbieto
Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
https://orcid.org/0000-0001-8415-2156

Eva Genoveva Mendoza Mamani
Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
https://orcid.org/0000-0003-0587-0753

Leandro Paucara Cahuana
Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca, Perú
https://orcid.org/0000-0003-0282-7936

Marisol Rojas Barreto
Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
https://orcid.org/0000-0001-6916-3754

Russel Allidren Lozada Vilca
Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca, Perú
https://orcid.org/0000-0002-8915-3964

Valeriano Pari Torres
Universidad Continental, Perú
https://orcid.org/0009-0009-4069-2607

RESUMEN: El objetivo de la investigación es implementar una interfaz gráfica utilizando un modelo empírico para estimar los valores del índice ultravioleta, el modelo depende de la variable coseno del ángulo cenital y la capa de ozono en unidades UD para el lugar y la fecha. Para lo cual se utilizó la GUI de MATLAB para la implementación utilizando el texto editable y opciones de botones para realizar procesos de cálculo y gráficos. Se logró implementar la interfaz gráfica basada en el modelo empírico el cual permite realizar análisis gráficos y observar el comportamiento de los valores del índice ultravioleta.

PALABRAS CLAVE: Índice UV, interfaz gráfica, radiación solar

EMPIRICAL MODEL TO ESTIMATE ULTRAVIOLET INDEX VALUES

ABSTRACT: The objective of the research is to implement a graphic interface using an empirical model to estimate the values of the ultraviolet index, the model depends on the variable cosine of the zenith angle and the ozone layer in UD units for the place and date. For which the MATLAB GUI was used for the implementation using the editable text and button options to perform

calculation processes and graphics. It was possible to implement the graphic interface based on the empirical model which allows graphic analysis and observe the behavior of the ultraviolet index values.
KEY WORD: UV index, graphical interface, solar radiation.

INTRODUCCIÓN

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE) adoptó en 1987 una curva estándar del eritema (CEI, 1998) que es utilizada habitualmente para determinar la radiación solar UV eritemática (UVER). Para la información de manera sencilla a la opinión pública sobre los niveles de radiación UV (*WMO*, 2002), se adopta el índice UV (UVI) propuesto por (McKinley y Diffey, 1987), el cual es recomendado por la Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS), por la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP).

Bilbao y de Migué (2020) analizó un conjunto de datos de 7 años (2013-2019) sobre niveles de radiación UVB e índice ultravioleta en Valladolid, España. Estos datos revelaron que en ciertos días de verano, los valores de UVI y la dosis diaria acumulada de radiación pueden ser altos. Más del 45% de la dosis anual de radiación se recibe en verano. Además, se investigó la relación entre la máxima UVI diaria y la dosis anual acumulada para informar sobre la protección solar en condiciones de baja intensidad de radiación UVB. (Bilbao y de Migue, 2020).

Mohanad y otros (2023) Evidencia la imperativa necesidad de mitigar la exposición a la radiación ultravioleta con el propósito de prevenir patologías como eritemas solares, senescencia cutánea y neoplasias malignas. Se ha concebido un paradigma de aprendizaje profundo fundamentado en inteligencia artificial, dirigido a anticipar el índice de radiación ultravioleta. La amalgama disruptiva de una arquitectura de red neuronal convolucional en conjunción con una red de memoria de largo plazo (CLSTM) prevaleció sobre alternativas preexistentes, evidenciando capacidad para producir proyecciones perfeccionadas tanto para el público en general como para entidades gubernamentales. (Al-musaylh et al., 2023).

Adnin (2022) desarrolló un monitor de índice ultravioleta para medir la exposición diaria de una persona a la luz solar. El dispositivo utiliza un nano sensor de ZnO y se conecta a una aplicación móvil que muestra alertas de exposición a los rayos UV. El dispositivo es portátil y funciona con una batería recargable de 3,7 V, y los datos se pueden compartir para su almacenamiento y uso en registros médicos (Natasha, 2022).

El trabajo tiene el objetivo de implementar una interfaz gráfica en función a modelo empírico para estimar valores de índice UV.

MATERIALES Y MÉTODOS

Índice Ultravioleta

El índice de radiación ultravioleta (UV) se constituye como un indicador de la intensidad de la radiación UV proveniente del sol en la superficie terrestre, caracterizado por una escala que se inicia en 0 y carece de límite superior. Asimismo, el índice UV ofrece información sobre la capacidad de la radiación UV solar para inducir daños en la piel. Es esencial tener en cuenta que la magnitud de la luminosidad ambiental no siempre guarda correspondencia directa con el índice UV, lo que puede resultar engañoso. Dado que la representación del índice y su nivel variaban con la localización geográfica, la Organización Mundial de la Salud, conjuntamente con la Organización Meteorológica Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante, han establecido un sistema uniforme para la medición del índice UV y su presentación al público. Este sistema incorpora un código cromático asociado, cuya representación gráfica se muestra en la figura 1 según lo establecido por la (*WMO*, 2002).

Figura 1. Niveles de índice UV

Ecuaciones consideradas en el análisis

Allaart et al., (2004) considera un modelo considerando una atmosfera sin ozono, la cual se muestra en la ecuación (1)

$$UVA = \left(\frac{D_o}{D}\right)^2 * S_o * \mu_o * \exp\left(-\frac{\tau_a}{\mu_o}\right) \tag{1}$$

Donde

D : Distancia entre el Sol y la Tierra.

D_α : Distancia promedio entre el Sol y la Tierra.

μ_o: Coseno de ángulo cenital del lugar, $\mu_o = \cos\theta_z$.

S_o: Valor del UVA extraterrestre.

τ_α : Es la dispersión molecular atmosférica.

Se va considerar un factor de ajuste mediante la ecuación (2)

$$\mu_x = \mu_o(1-\varepsilon) + \varepsilon \tag{2}$$

donde

ε: factor de corrección

La nueva ecuación considerando la ecuación (2) es la siguiente expresión

$$UVA = \left(\frac{D_o}{D}\right)^2 * S * \mu_x * \exp\left(-\frac{\tau}{\mu_x}\right) \quad (3)$$

El coseno del ángulo cenital se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\mu_o = \cos\theta_z = sen\,\delta\; sen\,\phi + \cos\delta\cos\phi\cos\omega \quad (4)$$

donde

θ_z: ángulo cenital del lugar.

ϕ: es la latitud geográfica en grados.

ω: es el ángulo horario solar, cero al mediodía. este ángulo se calculó en grados por medio de la siguiente ecuación:

$$\omega = 15(H - 12) \quad (5)$$

H, es la hora estándar de 0-24h para un día completo

δ: es la declinación, que es la posición angular del Sol al mediodía solar con respecto al plano del ecuador, sur negativo en grados. El cual se obtiene de la siguiente relación (Spencer, 1971):

$$\delta = (0.006918 - 0.399912\, cos\, \Gamma + 0.070257 sen\, \Gamma - 0.006758 \cos 2\Gamma + 0.000907 sen\, 2\Gamma - 0.002697 \cos 3\Gamma + 0.00148 sen\, 3\Gamma)\left(\frac{180}{\pi}\right) \quad (6)$$

Γ, se conoce como el ángulo del día (en grados), y está dado por

$$\Gamma = 360\left(\frac{d_n - 1}{365}\right) \quad (7)$$

d_n, es el número del día, variando 1 para el 1 de enero a 365 para el 31 de diciembre;

Utilizando la técnica de ajuste no lineal por el (Allaart et al., 2004) en el cual se obtienen los valores para la ecuación (3)

$$S = 1.24\mathrm{Wm^{-2}\,nm^{-1}}$$
$$\varepsilon = 0.17$$
$$\tau = 0.58$$

Ahora consideremos la relación de UVI y UVA dependiente de capa de ozono y el coseno del ángulo cenital, el cual se muestra a continuación.

$$\frac{UVI}{UVA} = F^* X^G + \frac{H}{TO} + J \quad (8)$$

Donde

TO : Espesor de la capa de Ozono UD

X: relación de coseno cenital y capa de ozono según Allaart et al., (2004)

$$X = 1000 * \frac{\mu_o}{TO} \quad (9)$$

Ahora realizando un ajuste no lineal de la ecuación (8) de datos de la relación UVI/UVA con respecto a TO y μ_o, se obtienen los siguientes valores.

$$F = 2$$
$$G = 1.62$$
$$H = 280$$
$$J = 1.4$$

Luego considerando la ecuación (3) y (8) es posible despejar una expresión para estimar UVI el cual es la siguiente expresión

$$UVI = \left(F^* X^G + \frac{H}{TO} + J\right) UVA = \left(F^* \left(1000 * \frac{\mu_o}{TO}\right)^G + \frac{H}{TO} + J\right)\left(\left(\frac{D_o}{D}\right)^2 * S^* \mu_x * \exp\left(-\frac{\tau}{\mu_x}\right)\right) \quad (10)$$

Reemplazando valores obtenidos y considerando D_o=D, la expresión (10) se reduce a la ecuación

$$UVI = \left(2 * \left(1000 * \frac{\cos\theta_z}{TO}\right)^{1.62} + \frac{280}{TO} + 1.4\right)\left(1.24 * [\cos\theta_z(1-0.17) + 0.17] * \exp\left(-\frac{0.58}{\cos\theta_z(1-0.17)+0.17}\right)\right) \quad (11)$$

Desarrollo de la interfaz gráfica.

La interfaz gráfica de usuario fue desarrollada en el entorno de programación MatLab2020b, mediante un algoritmo basado en las expresiones (1)-(11) para calcular el índice ultravioleta. El algoritmo también permite ingresar datos de ozono, latitud y numero de día.

RESULTADOS

Diseño de la interfaz grafica:

El diseño de la interfaz gráfica se realiza en MATLAB utilizando un axes, tres Static Text, tres Edit Text, Push botón y un panela para agrupar las variables de entrada para realizar el proceso de cálculo, el cual se muestra en la figura 2.

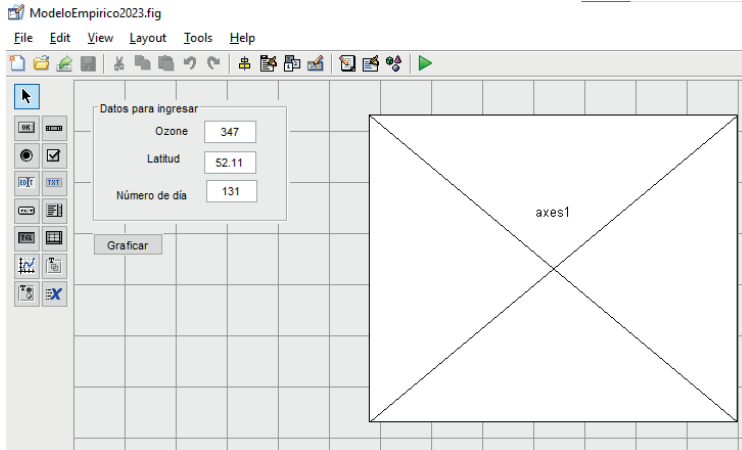



Figura 2. Diseño de interfaz grafica

Para la programación del Push botton para que pueda realizar el cálculo valores de índice ultravioleta en el intervalo de 5:00am hasta las 19:00pm en lapso de una hora cada estimación, se ha considere el código programa en el archivo ModeloEmpirico2023.m el cual se muestra a continuación.

Código de programación del Push botton

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
clc;
ozone = str2double(get(handles.Ozono1,'String'))
Lat = str2double(get(handles.latitud1,'String'))
Ndia = str2double(get(handles.dia1,'String'));
j=1;
for H=5:1:19
    w=15*(H-12); % angulo horario en grados
    T=360*(Ndia-1)/365; %
    % declinacion
    dc=(0.006918-0.399912*cosd(T)+0.070257*sind(T)-0.006758*cosd(2*T)+0.000907*sind(2*T)-
0.002697*cosd(3*T)+0.00148*sind(3*T))*(180/pi);
    cosz=sind(dc)*sind(Lat)+cosd(dc)*cosd(Lat)*cosd(w);
    z(:,j)=acosd(cosz);
    ang(:,j)=H;
    indice(:,j)=(0.5*(1000*(cosz/ozone))^(1.62)+(280)/(ozone)+1.4)*(1.24*(cosz*(1-
0.17)+1.17)*exp(-(0.58)/(cosz*(1-0.17)+0.17)));
    disp(H); disp(indice(:,j))
    j=j+1;
end
yyaxis left
plot(ang,indice,'-r*');
title('Indice UV');
xlabel('Tiempo (UT)');
ylabel('Indice UV');
grid on
grid minor
yyaxis right
plot(ang,z,'-b*');
ylabel('Angulo cenital');
```

El código requiere del ingreso de la variable latitud del lugar en grados, el ingreso de del espesor de la capa de ozono del lugar para el día en el cual se va estimar el cual varía según el día en unidades UD (Taipe et al., 2019), luego ingresamos del valor del numero de día juliano el cual permite variar las fechas durante el año. La programación del algoritmo es en función a la ecuación (11) el cual es dependiente del coseno cenital y de la capa de ozono.

Ahora se muestra los resultados de cálculo de los valores de índice ultravioleta en la figura 3. En el cual se considero la capa de ozono promedio para el primero de enero de 245UD y la latitud de la ciudad de Puno, Perú se ha considerado -15.8422° (Huillca y Taipe, 2018), la grafica que se muestra es índice UV en función a las hora en el intervalo de 5:00am a 19:00pm

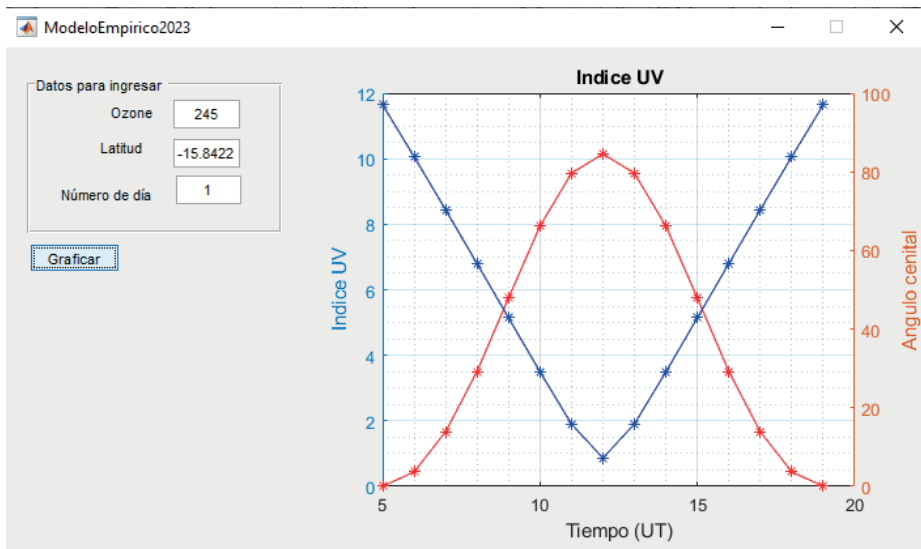



Figura 3. Interfaz gráfica ejecutada con resultados

Los resultados de los valores de índice UV mostrados en la figura 3, son similares obtenidos por (Taipe et al., 2020) valores a índice ultravioleta medidos por una estación meteorológica duran un día. Los valores máximo obtenido es al medio día solar (Huillca et al., 2017)

CONCLUSIONES

Se logro implementar una interfaz gráfica para estimar valores de índice ultravioleta mediante un modelo empírico el cual depende la variable coseno de ángulo cenital y la capa de ozono la cual es predominante para obtener los valores de índice UV. La implementación fue en el software MATLAB el cual permite estimar valores de índice UV en intervalos de

una hora para una fecha, mostrando el comportamiento de los valores de índice UV para el intervalo de 5:00am a 19:00pm

REFERENCIAS

Al-musaylh, M. S., Ghimire, S., Al-Daffaie, K., Ali, M., Deo, R. C., Downs, N., Igoe, D. P. y Parisi, A. V. (2023). Multi-step solar UV index prediction using deep learning methods. *Research Article*. https://doi.org/https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2449044/v1

Allaart, M., van Weele, M., Fortuin, P. y Kelder, H. (2004). An empirical model to predict the UV-index based on solar zenith angles and total ozone. *Meteorological Applications*, *11*(1), 59-65. https://doi.org/10.1017/S1350482703001130

Bilbao, J. y de Migue, A. (2020). Erythemal solar irradiance, UVER, and UV index from ground-based data in central Spain. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(18). https://doi.org/10.3390/APP10186589

CEI. (1998). *CIE S 007/E - Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose | Engineering360*.

Huillca, M. y Taipe, C. W. (2018). Estimación y análisis del índice ultravioleta en la ciudad de Puno durante el periodo de setiembre del 2015 a setiembre del 2016. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, *1*(1).

Huillca, M., Taipe, C. W. y Saavedra, M. (2017). Índice Ultravioleta en la ciudad de Puno para cielos claros. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, *19*(2), 211-218. https://doi.org/10.18271/ria.2017.280

McKinley, A. y Diffey, B. (1987). A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE*, *6*, 17-22.

Natasha, A. T. (2022). *Wearable UV Detector for Real Time UV Index Monitoring* (Número July). Macquarie University.

Spencer, J. W. (1971). Fourier series representation of the position of the Sun. *Search*, *2*(5), 172.

Taipe, C. W., Huillca, M., Mendoza, E. G. y Gallegos, J. R. (2019). Comportamiento de la columna total de ozono obtenidos por el sensor EPTOMS de la NASA para la ciudad de Puno periodo 2005-2017. *Ingenierías USBMed*, *10*(2), 25-30. https://doi.org/10.21500/20275846.4057

Taipe, C. W., Yancachajlla, U., Gallegos, J. R. y Mendoza, E. G. (2020). Índice de radiación ultravioleta estimado por la Estación Meteorológica Davis de la Universidad Nacional de Juliaca. *Ñawparisun*, *2*, 37-42.

WMO. (2002).

CAPÍTULO 8

PERCEPCIÓN SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS EN EL SECTOR HOTELERO DE VALLADOLID, YUCATÁN

Data de aceite: 02/10/2023

Delghi Yudire Ruiz Patrón
Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Valladolid/ Ingeniería Ambiental
Valladolid- Yucatán, México
ORCID: 0000-0001-8864-7615

Jesús Antonio Santos Tejero
Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Valladolid/ Ingeniería en Sistemas Computacionales
Valladolid- Yucatán, México
ORCID: 0000-0002-9482-8225

Mirna Yamili Yam Puc
Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Valladolid/ Ingeniería Industrial
Valladolid- Yucatán, México
ORCID: 0000-0002-5413-6718

José Efraín Ramírez Benítez
Universidad Autónoma de Campeche/ Facultad de Ciencias Químico Biológicas
Campeche-Campeche, México
ORCID: 0000-0001-6600-5865

RESUMEN: El problema de los Residuos sólidos Urbanos es una de las principales preocupaciones a nivel mundial, dado que causa contaminación del suelo, aire y agua, así mismo es un tema polémico puesto que no se ha encontrado una solución efectiva y todos somos sumamos a este problema ya que somos generadores de Residuos. En el área turística el nombramiento de pueblo Mágico hace de estos lugares populares para visitarlos, lo que maximiza la problemática de la generación de residuos. Es por ello que este trabajo tiene por objetivo realizar un diagnóstico cualitativo del Manejo de los residuos Sólidos en el sector Hotelero de la Ciudad de Valladolid. En esta primera etapa del estudio se presenta una metodología que describe el problema de los residuos en la ciudad de Valladolid, mediante la implementación de un primer cuestionario piloto para dimensionar la problemática. Entre los resultados obtenidos se pudo mejorar el instrumento y dimensionar que el sector Hotelero tiene interés en mejorar el manejo actual de los residuos, lo que traería una disminución significativa de la problemática por parte de este sector.

PALABRAS CLAVE: Residuos Sólidos, Plan de manejo, valorización.

PERCEPTION OF WASTE MANAGEMENT IN THE HOTEL SECTOR OF VALLADOLID, YUCATAN

ABSTRACT: The problem of Urban Solid Waste is one of the main concerns worldwide, since it causes contamination of the soil, air and water, likewise it is a controversial issue since an effective solution has not been found and we are all added to this problem. since we are waste generators. In the tourist area, the naming of a Magical Town makes these places popular to visit, which maximizes the problem of waste generation. That is why this work aims to make a qualitative diagnosis of Solid Waste Management in the Hotel sector of the City of Valladolid. In this first stage of the study, a methodology is presented that describes the problem of waste in the city of Valladolid, through the implementation of a first pilot questionnaire to assess the problem. Among the results obtained, it was possible to improve the instrument and measure that the Hotel sector is interested in improving the current management of waste, which would bring a significant reduction in the problem on the part of this sector.
KEYWORDS: Solid Waste, Management Plan, Valorization.

1 I INTRODUCCIÓN

La acumulación de desechos en las ciudades facilita la propagación de patógenos y enfermedades por parte de insectos y roedores; obstruye el desagüe y contamina el suelo, los acuíferos y aguas superficiales, y también afectan la calidad del aire que respiramos (Macías, Páez y Torres, 2018).

De acuerdo al informe de la SEMARNAT (2017), la generación de residuos sólidos urbanos en México, alcanzó 44.6 millones de toneladas, lo que representó un aumento del 35.6% con respecto a 2003 (11.73 millones de toneladas más generadas en ese período), por lo tanto, se genera en promedio 0.98 Kg/hab diariamente de los cuales el 51.6% son residuos orgánicos.

Se estima que, del total de residuos generados en el país, se puede valorizar el 86.6 % mediante procesos de reciclaje, reutilización o recuperación que son considerados en la Gestión Integral de Residuos Sólidos, el restante 13.4 % no son aprovechables, por lo que son dirigidos a su disposición final.

Según Osorio (2019) la Gestión Integral de Residuos (GIR) es un sistema de manejo sustentable de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), que tiene como objetivo primordial la reducción de los residuos enviados a disposición final, derivando de ella la preservación y la mejora de la calidad del ambiente, de la salud de las poblaciones, recursos naturales.

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) ha llegado en la actualidad a ser el método adecuado para el manejo de los RSU luego de años de que la problemática de los mismos se ha ido en incremento exponencial en el mundo, siendo esto un tema que está íntimamente ligado con la cultura del consumismo lineal de la sociedad, mismo que se ha vuelto necesidad primordial para la sociedad.

Para Álvarez (2021), un plan de manejo se basa en la separación, valorización, reutilización de los residuos generados, para el máximo aprovechamiento de los residuos

siendo lo más mínimo que se deseche a los rellenos sanitarios, de esta manera siendo amigable con el medio ambiente.

Gallego (2020) define al Plan de Manejo como un "Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos".

Una de las actividades humanas que pueden generar problemas ambientales es el turismo, ya que genera múltiples impactos negativos derivados de la producción de infraestructuras y servicios turísticos, tales como la degradación de hábitats naturales, con la consiguiente pérdida de biodiversidad y las emisiones de residuos sólidos, líquidos y gaseosos (Calleja, 2013).

La prevención en materia de residuos en el sector hotelero debe ser prioritaria, como menciona Mendes (2021), evitar la generación de residuos, disminuir su grado de peligrosidad o minimizar los impactos de los residuos generados tomando decisiones en la concepción y fabricación de los productos, es la forma más eficiente de evitar los daños al medio ambiente ocasionados por la generación y la gestión de los residuos.

Por tal motivo es importante ampliar estrategias en el sector hotelero para el manejo sustentable de residuos mediante el diseño e implementación de un plan de manejo acorde a las necesidades del sector hotelero particular de la ciudad de Valladolid, Yucatán, que es considerada una de las localidades de mayor crecimiento económico y poblacional del estado de Yucatán, y distingue por su importancia Turística desde el año 2012 con el nombramiento como Pueblo Mágico de México.

Existe una gran variedad de hoteles en el municipio de Valladolid, lo cual representa una generación de RSU significativa, actualmente en el municipio de Valladolid hay entre 180-200 lugares de hospedaje (formales e informales) entre hoteles, hostales y casas/habitación. Según datos de FONATUR (2023) se tiene el registro de 75 establecimientos formales de hospedaje con 1,476 habitaciones. En la ciudad existe un sector organizado de Hospedaje denominado Asociación de Hoteles y Hostales de la ciudad de Valladolid Yucatán A.C, que reúne 34 hoteles con un total de 714 habitaciones (Valladolidhotels, 2023).

Por lo tanto, este trabajo cobra relevancia, puesto que para poder diseñar estrategias efectivas del manejo de residuos sólidos es necesario partir por un diagnóstico inicial, motivo del presente trabajo de investigación en el que el objetivo general fue realizar un estudio sobre la percepción del manejo de los residuos sólidos en el sector hotelero de Valladolid, Yucatán.

2 I METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó en la ciudad de Valladolid es uno de los 106 municipios

del estado de Yucatán, su ubicación es relevante ya que es el paso entre las dos ciudades más importantes Yucatán y Quintana Roo (Mérida y Cancún respectivamente) (Figura 1).

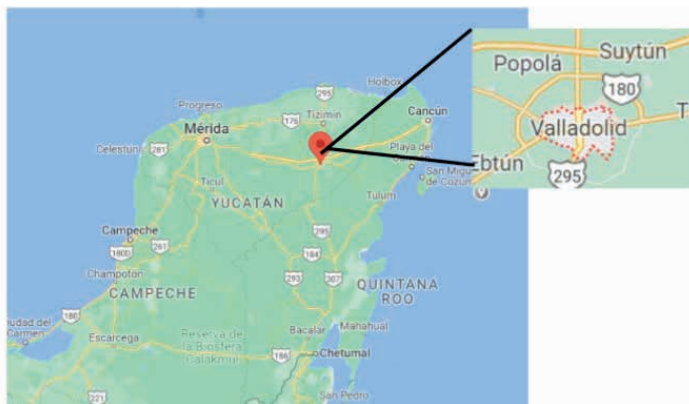



Figura 1. Ubicación geográfica de la ciudad de Valladolid.

Nota. Fuente Google (2023).

Actualmente, la ciudad Valladolid cuenta con un grupo organizado y reconocido que ofrece servicios de hospedaje que representan el negocio formal en la ciudad denominada "Asociación de Hoteles y Hostales de Valladolid, Yucatán, A.C." integrada legalmente desde el año 2017, e integra 34 sitios de hospedaje, organismo con el cual se implementó este proyecto.

Este estudio es de tipo diagnóstico, descriptivo, cualitativo y de campo, puesto que pretende identificar la problemática real y la perspectiva que tiene el sector hotelero sobre su propio manejo de residuos sólidos mediante una autoevaluación en su desempeño ambiental en el tema.

El presente estudio se desarrolló entre los meses de febrero a junio del año 2023, se utilizaron técnicas de investigación como la entrevista y el cuestionario para la recopilación de la información.

El cuestionario se diseñó en base a las etapas de manejo de los residuos sólidos, considerando cuatro dimensiones:

I. Conocimiento sobre el manejo de residuos sólidos

II. Manejo y Disposición temporal en la fuente de generación

III. Valorización y estrategias sustentables en el manejo de residuos

IV. Recolección y Disposición final.

Los criterios de elección de la muestra fueron que los hoteles participantes cumplieran con los siguientes requisitos: accesibilidad, número de habitaciones máxima de 25 y que tenga restaurante.

Se aplicó el instrumento a una muestra inicial de cuatro hoteles en forma de entrevista

guiada a los gerentes de cada establecimiento para probar el instrumento.

Posterior a la recaudación de la información, se diseñó el cuestionario en la plataforma google forms, se rediseñaron algunas preguntas que no eran claras y se compartió el cuestionario vía correo electrónico a los hoteles miembros.

3 | RESULTADOS

El cuestionario fue respondido por trece Hoteles del sector de hospedaje organizado en Valladolid, Yucatán.

Se presentan los resultados más relevantes a continuación realizando el análisis desde las cuatro dimensiones evaluadas.

I. Conocimiento sobre el manejo de residuos sólidos

Se observa en la Figura 2, que el 38.5% de los hoteles maneja un programa organizado del manejo de los RSU en su establecimiento, durante la visita de campo se percató que en realidad ningún hotel tiene un procedimiento por escrito sobre el manejo adecuado y más bien es una política de cómo realizar la disposición temporal y final de los residuos, sin prestar importancia al manejo adecuado, minimización y/o valorización de los residuos, enfocándose más a la necesidad de presentar espacios limpios y ordenados en el hotel para tener una mejor presentación visual al turista.

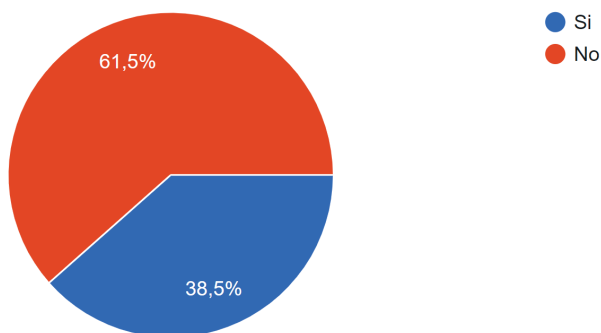



Figura 2. Plan de manejo de los Residuos Sólidos Uebanos en los Hoteles.

Nota. Elaboración propia.

Sobre el tema de reconocimiento de responsabilidades en el manejo de los residuos, se aprecia en la Figura 3 que el 46.2% de los hoteles participantes tienen un conocimiento básico sobre las responsabilidades como generadores de residuos, especialmente de los sólidos urbanos, por lo que el 100% de los hoteles están al día con sus responsabilidades municipales que es el pago del servicio de recolección y disposición final de residuos, pero en la entrevista se pudo denotar que no tienen total conocimiento en las responsabilidades

del manejo de Residuos Especiales y Peligrosos.

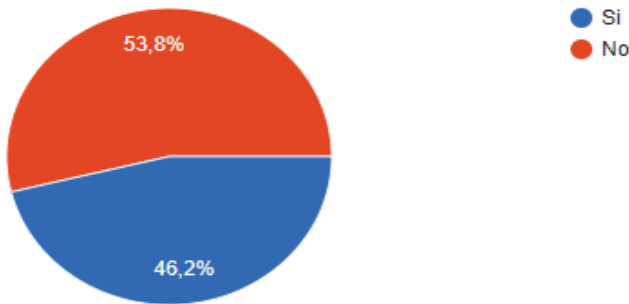



Figura 3. Conocimiento de responsabilidades y obligaciones en el tema de Residuos.

Nota. Elaboración propia.

Sobre la capacitación del personal en materia de residuos, el 30.8% manifestó haber recibido alguna capacitación en su establecimiento sobre el tema, esta capacitación proviene especialmente del área de turismo estatal o federal, sin embargo se encuentra enfocada a las buenas prácticas de limpieza en los establecimientos, por lo que en realidad es necesario una capacitación de fondo que permita entender a la importancia del adecuado manejo de los residuos sólidos para minimizar los impactos ambientales que estos generan, reducir su generación, maximizar su valorización y disminuir la cantidad de residuos que van a disposición final. Es importante considerar que en el sector hotelero la rotación y sustitución de los colaboradores es constante, por lo que la capacitación en el tema de residuos debe ser contante, proponiendo se haga al menos cuatro veces por año (Figura 4 y 5).

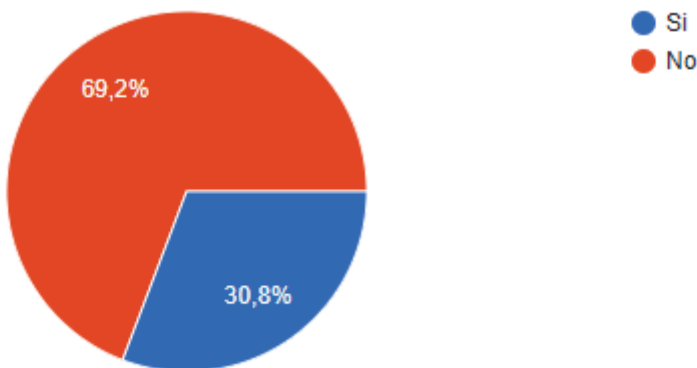



Figura 4. Capacitación del manejo adecuado de residuos

Nota. Elaboración propia.

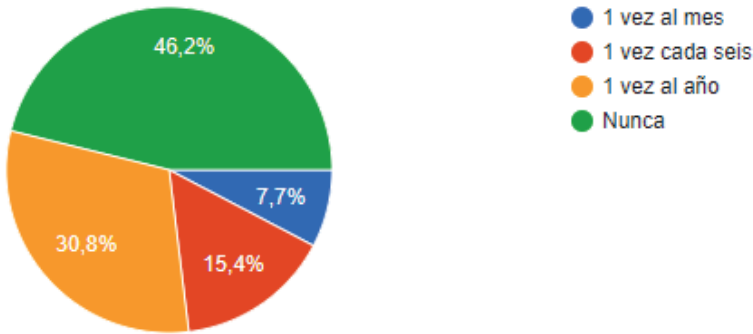



Figura 5. Frecuencia de capacitación al personal de los hoteles.

Nota. Elaboración propia.

El 100% de los hoteles evaluados, consideran que el tema del manejo adecuado de los residuos sólidos es primordial para su establecimiento por lo que consideran que trabajar en el tema y homologar la participación del sector hotelero en una buena estrategia para mantener al sector organizado.

II. Manejo y Disposición temporal en la fuente de generación

El 76.9% de los hoteles manejan algún tipo de clasificación de los RSU, siendo la clasificación primaria (orgánico e inorgánico) la clasificación básica y que implementa el 69.2% de los hoteles participantes (Figura 6 y 7).

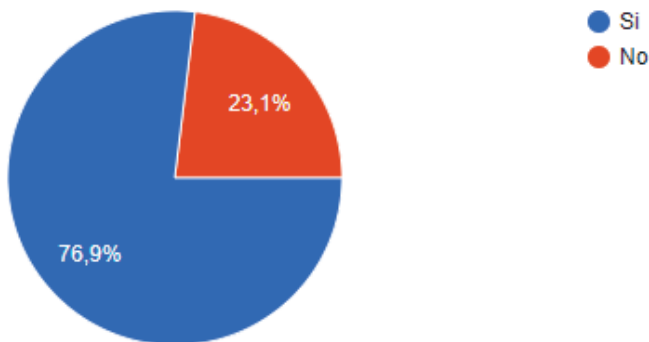



Figura 6. Hoteles que manejan algún tipo de clasificación de los residuos

Nota. Elaboración propia.

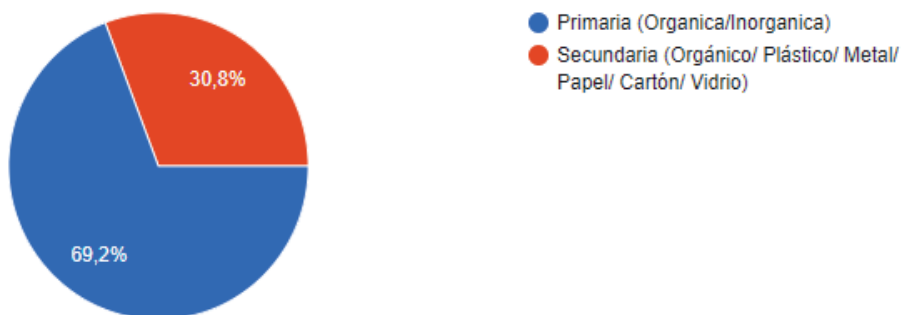



Figura 7. Tipo de Clasificación que manejan los hoteles.

Nota. Elaboración propia.

Según lo observado en la Figura 7, demuestra que el 69.2% de los hoteles maneja un sistema de clasificación primeria (orgánico/inorgánico) que implica la perdida de materiales para su valorización especialmente en la clasificación inorgánica.

En la Figura 8, se representa el motivo por el cual los hoteles utilizan un sistema de clasificación de los residuos siendo el principal motivo la salud ocupacional del establecimiento (38.5%), y en segunda opción por hábito o imagen visual (30.8%). Esta respuesta es de esperarse ya que es parte de la calidad de los servicios que ofrecen los hoteles, sin embargo, el principal motivo de darle un manejo adecuado a los residuos es la minimización del impacto ambiental por medio de la valorización de los mismos, por lo que es un área de oportunidad para que el manejo de los residuos en el sector se realice por las razones adecuadas.

Figura 8. Objetivo de la separación de residuos

Nota. Elaboración propia.

En caso de que se presenten residuos de manejo especial y de residuos peligrosos en los Hoteles el 14.5% de ellos comentó que los almacenan en un lugar aislado, un 23.1% saca los residuos peligrosos y de manejo especial junto con los sólidos urbanos, esto quizá porque no saben que estos tienen una disposición final diferente, necesitando un plan de manejo para ellos, el 61.5% comentó que subcontrata aun proveedor externo para su manejo (Figura 9).

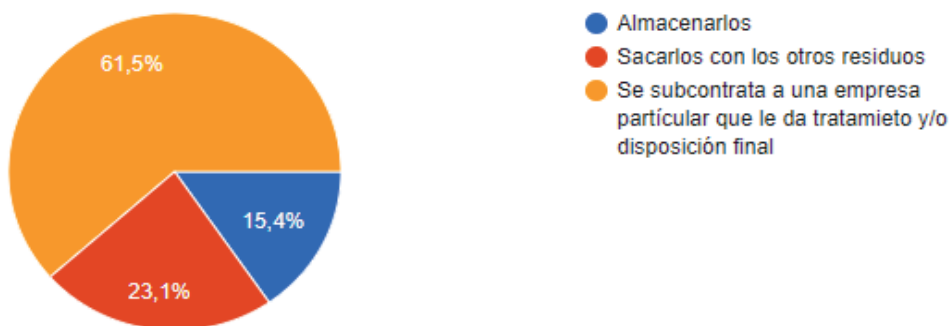



Figura 9. Tipo de Manejo de Residuos Peligrosos y Residuos de Manejo Especial

Nota. Elaboración propia.

Sobre el sitio de disposición temporal, el 61.5% de los hoteles cuenta con un sitio de almacenamiento temporal de sus residuos sólidos urbanos, en lo que los retienen de 2 a 3 días que es el tiempo que tarda el servicio municipal en recogerlos, se encuentran en una zona apartada, el mismo porcentaje de hoteles tiene un sitio con piso, techo y paredes, solo el 7.7% lleva control de los residuos que generan mediante el pesaje de los residuos que se llevan a disposición final (Figura 10 y 11).

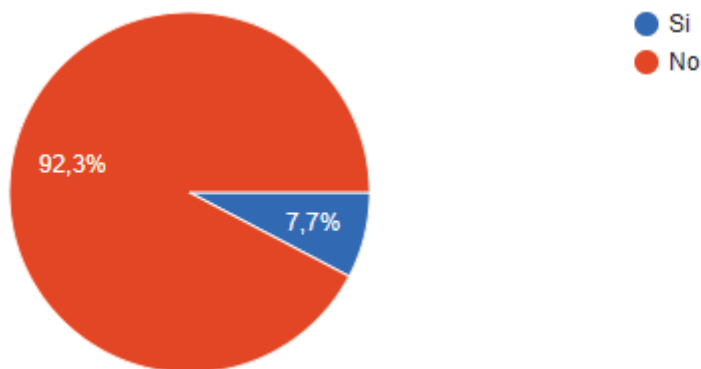



Figura 10. Registro de la generación de residuos.

Nota. Elaboración propia.

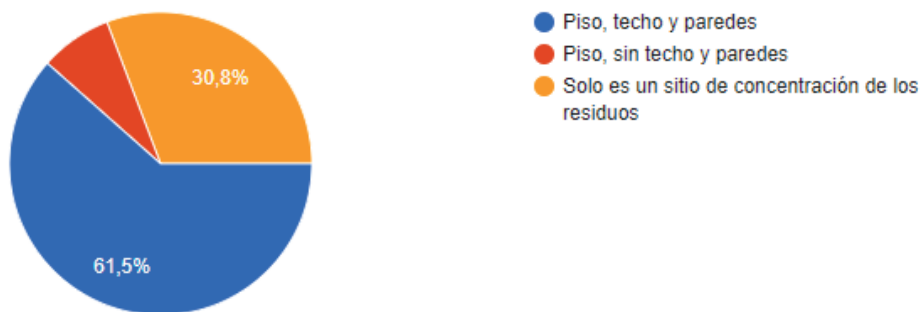



Figura 11. Condiciones del sitio de disposición temporal.

Nota. Elaboración propia.

III. Valorización y estrategias sustentables en el manejo de residuos

Entre las estrategias de minimización de los residuos, el 30.8% de los hoteles evita comprar plásticos de un solo uso, el 23.1% compra material que puedan valorizarse o reusarse, el 15.4% compra insumos hechos de materiales degradables y un 15.4% no maneja ninguna estrategia de minimización de residuos (Figura 12).

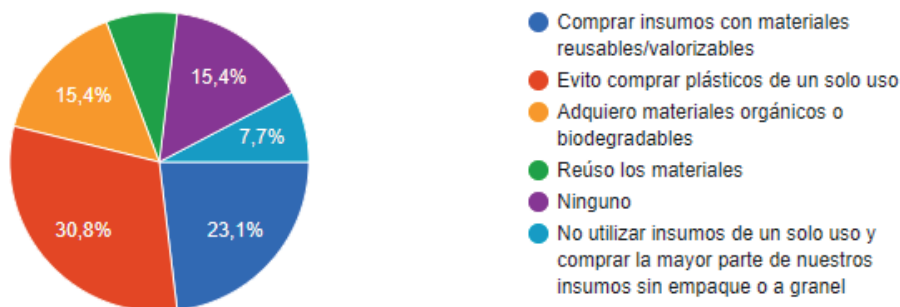



Figura 12. Estrategias para minimizar la generación de residuos en los hoteles.

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 13, se aprecia las estrategias de valorización de los residuos orgánicos, siendo que el 84.6% no los valoriza, el 7.7% alimenta a animales y el otro 7.7% realiza composta.

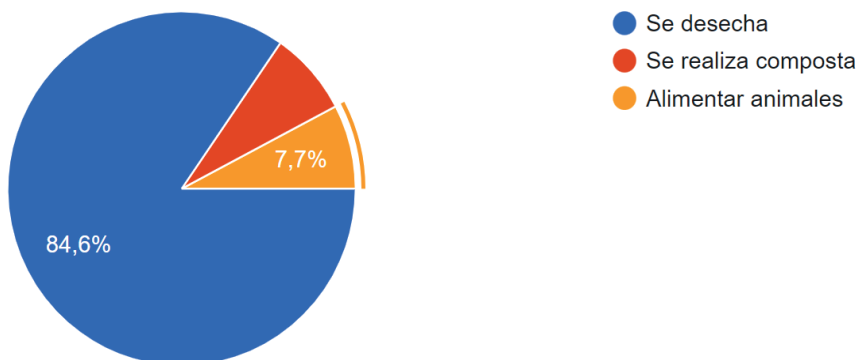



Figura 13. Valorización de residuos orgánicos en los hoteles.

Nota. Elaboración propia.

Sobre los residuos sólidos inorgánicos, el 46.2% deja que el propio personal operativo los separe y los lleve a vender por cuenta propia, el 38.5% los desecha para sitio de disposición final y solo el 15.4% realiza una separación y venta directa de los materiales recuperados. Entre los materiales más recuperados se encuentra el Pet, aluminio o lata de metal, cartón, vidrio y aluminio respectivamente.

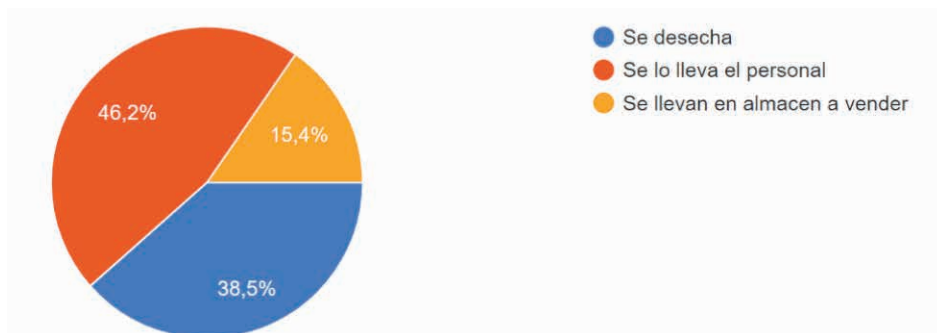



Figura 14. Valorización Residuos Inorgánicos.

Nota. Elaboración propia.

IV. Recolección y Disposición final

En este apartado el 65.5% de los hoteles son los encargados de la limpieza de sus áreas públicas como la calle y escarpa, lo realizan en promedio una vez al día, el 93.5% de los hoteles cuentan con el servicio de recolección de residuos del Ayuntamiento de Valladolid. Sobre el sitio de disposición final el 53.8% son conscientes que llegan al relleno sanitario de la ciudad, el 30.8% no saben dónde van a parar los residuos y el restante 15. 4% lo depositan en sitios no controlados (tiraderos a cielo abierto) (Figura 15).

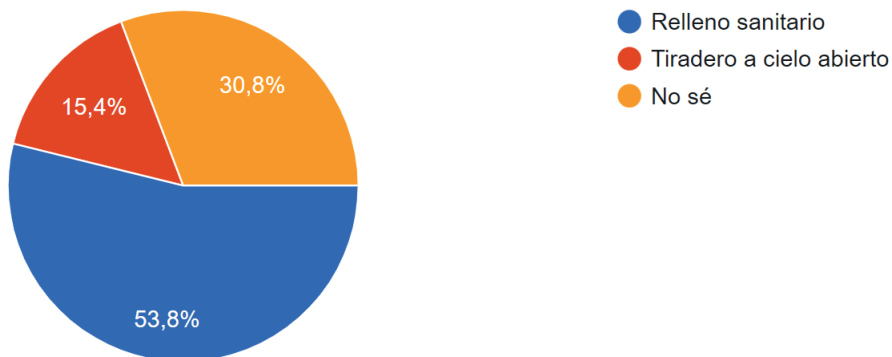



Figura 15. Destino final de los residuos sólidos del Hotel

Nota. Elaboración propia.

4 I CONCLUSIONES

El presente trabajo sirvió para realizar una investigación descriptiva y exploratoria sobre la problemática de los residuos sólidos en el sector Hotelero de la Ciudad de Valladolid, Yucatán, que tiene el nombramiento de Pueblo Mágico, y por tal motivo el tema del manejo de Residuos Sólidos Urbanos tiene un gran interés en el sector turístico, puesto que refleja la limpieza y minimiza la contaminación visual y los impactos ambientales al suelo, agua y aire.

Según Taboada, Aguilar y Ramírez (2013), la escasez de estudios en zonas rurales impide que las autoridades sanitarias gestionen los recursos pertinentes para crear estrategias que les permitan efectuar sus operaciones de manera eficaz y eficiente. Esto conduce a la creación de sistemas de sanidad limitados y a la degradación del ambiente por el manejo inadecuado de los residuos.

Si bien Valladolid es considerado una ciudad pequeña en crecimiento, su sistema de gestión de residuos es precario, y según Bienestar (2022) es considerado una zona de marginación media y solo el 47% de las viviendas cuenta con los servicios básicos. Es por ello, que es de suma importancia que desde el sector privado organizado se puedan tomar medidas para la minimización de los Residuos Sólidos en pro de la mejora de la calidad ambiental de la ciudad.

Los resultados obtenidos fueron útiles para detectar la problemática del manejo de los Residuos Sólidos en el sector Hotelero, relacionado principalmente con la necesidad capacitar en el tema del manejo de residuos en el sector. Se reconoce que este sector tiene la iniciativa e interés de regularizarse en el tema, pero desconocen las etapas del manejo de los residuos sólidos y sus responsabilidades legales como generadores de residuos, lo

cual es un área de oportunidad para que la Asociación sea responsable con la generación de sus residuos y pueda minimizar sus impactos ambientales a través de un proceso de autorregulación ambiental.

AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto representa la etapa I del proyecto financiado por el Tecnológico Nacional de México denominado “Mejora del manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en el Sector Hotelero de la Ciudad de Valladolid Yucatán” en su edición 2023.

REFERENCIAS

Álvarez, C. G. (2021). *Obtenido de Generación y recolección de residuos domiciliarios*. https://www.studocu.com/esmx/document/universidad-politecnica-de-sina oa/fenómenos-de-transporte/generación-y-recolección-de-residuos-domiciliarios/18306.

Bienestar (2022). Valladolid, Yucatán. *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2022*. Recuperado el 25 de agosto de 2023 de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/699920/31_102_YUC_Valladolid.pdf

Calleja, J. (2013). Manejo De Desechos Sólidos y Líquidos en los Hoteles de Poza Rica Veracruz. Cdigital. Recuperado 12 De Diciembre De 2022, De Https://Cdigital.Uv.Mx/Bitstream/Handle/123456789/42323/Callejaguevarajesus.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y

Fonatur (2023). Directorio Turístico (Invertur). Fomento Turístico, Gobierno del Estado de Yucatán. Recuperado el 25 de agosto de 2023 en: http://inventur.yucatan.gob.mx/rpthospedaje2.php

Gallego, B. G. (2020). *La gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Valladolid.* Recuperado de: http://uvadoc.uva.es/handle/10324/45502

Google (2023). *Google maps-Inegi.* Mapa de Valladolid, Yucatán. Recuperado de: https://www.google.com/maps/place/Valladolid,+Yuc./@20.8520211,-88.4422892,10.09z/data=!4m6!3m5!1s0x8f510ada7bbef3f7:0xed7a1f8fe539aa31!8m2!3d20.68964!4d-88.2022488!16zL20vMDFzcG5r?entry=ttu

Macias, Paéz y Torres (2018) *La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos desde una perspectiva territorial en el estado de Hidalgo y sus municipios*. Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, A.C. Tesis de grado. Ciudad de México, JULIO, 2018. Recuperado el 25 de agosto de 2023 en: https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/281/1/78-2018-Tesis-MarstrosenPlaneacionEspacial.pdf

Mendes, M. (2021). *Gestión de Residuos en Hoteles.* ECONE. Recuperado 12 de diciembre de 2022, de https://eco-one.es/blog/gestion-de-residuos-en-hoteles/

Osorio O., J.A. (2019). *El basurero está por saturarse*. Retrieved. May 16, 2023, from Yucatan.com.mxwebsite:https://www.yucatan.com.mx/yucatan/2019/5/9/basurero-esta-porsaturarse-111850.htm

SEMARNAT. (2017). *Residuos Acciones y programas*. Gobierno de México. Recuperado 12 de diciembre de 2022, de https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos.

Taboada-González, P., Aguilar-Virgen, Q., Cruz-Sotelo, S. E., & Ramírez-Barreto, M. E. (2013). Manejo y Potencial de Recuperación de Residuos Sólidos en una Comunidad Rural de México. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 29, 43–48. Recuperado a partir de https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/4351

Valladolidhotels (2023). Valladolid Hotels México. Recuperado el 25 de agosto de 2023 en: https://valladolidhotels.mx/hoteles?page=2

RELEVAMIENTO DE PERCEPCIONES SOBRE LA VIRTUALIDAD PARA DECISIONES DE GESTIÓN EN PANDEMIA COVID-19

Data de submissão: 14/08/2023 *Data de aceite: 02/10/2023*

María Velia Artigas
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP)
Mar del Plata – Argentina
ORCID: 0000-0002-3773-0029

Stella Maris Figueroa
Grupo de Investigación Enseñanza de la Matemática en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, UNMDP
Mar del Plata – Argentina
ORCID: 0009-0007-7257-5670

Guillermo Lombera
Facultad de Ingeniería UNMDP - CONICET
Mar del Plata – Argentina
ORCID: 0000-0001-6159-1383

Lucrecia Moro
Facultad de Ingeniería, UNMDP
Mar del Plata – Argentina
ORCID: 0000-0002-0258-3356

Diego Paladino
Responsable de Sistema de Tutorías de la Facultad de Ingeniería, UNMDP
Mar del Plata – Argentina
ORCID: 0009-0002-0887-7563

Leticia María Seijas
Departamento de Informática. Facultad de Ingeniería, UNMDP
Mar del Plata – Argentina
ORCID: 0009-0005-2902-1213

RESUMEN: La aplicación de las medidas relacionadas con el aislamiento social preventivo y obligatorio ocasionado por la pandemia de Covid-19, desde el año 2020, produjo un gran impacto en el ámbito educativo con la suspensión de la educación presencial. En ese contexto, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, se propuso indagar acerca de la percepción del trabajo en la virtualidad de toda su comunidad educativa para planificar acciones estratégicas de gestión para el presente en virtualidad, y el futuro regreso a la presencialidad. En ese sentido, se diseñó e implementó un instrumento tipo encuesta dirigido a docentes, estudiantes y personal universitario, abordando distintos ejes: académico, organizativo, tecnológico y percepción de la virtualidad. Los resultados muestran una percepción positiva respecto a la virtualidad, con la obtención de información valiosa respecto

a los cambios producidos en las prácticas de enseñanza y aprendizaje por la modalidad utilizada. Sin embargo, las mayores dificultades se manifestaron en la comunicación docente-estudiante y en la evaluación. Una de las acciones que se plantea es abrir el debate sobre aspectos considerados clave, de forma tal de lograr la participación de toda la comunidad. La necesidad de capacitación surge fuertemente entre los tres grupos encuestados. La oferta de cursos virtuales específicos constituye otra de las acciones que se ponen en marcha. Asimismo, es deseable revisar la infraestructura y equipamiento para mejorar aspectos tecnológico-organizativos, de forma de impactar positivamente en el desarrollo de las tareas de la comunidad educativa, logrando una mayor inclusión.
PALABRAS-CLAVE: educación superior, Ingeniería, gestión institucional, percepción, pandemia Covid-19.

SURVEY OF PERCEPTIONS ABOUT VIRTUALITY FOR MANAGEMENT DECISIONS IN THE COVID-19 PANDEMIC

ABSTRACT: The application of measures related to the preventive social isolation caused by the Covid-19 pandemic since 2020, produced a great impact in the educational field with the suspension of presential education. In this context, the Faculty of Engineering of Universidad Nacional de Mar del Plata, proposed to inquire about the perception of the work in virtuality of its entire educational community, to plan strategic management actions for the current situation of virtuality, and the future return to the presence. In this sense, a survey-type instrument was designed and implemented aimed at university teachers, students and staff, addressing different topics: academic, organizational, technological and their perception of virtuality. The results show a positive perception regarding virtuality, obtaining valuable information regarding the changes produced in their practices by the modality used. However, the greatest difficulties were manifested in teacher-student communication and in evaluation. One of the actions that is proposed is to debate about the key aspects, in order to achieve the participation of the entire community. The need for training is shown in the answers of each three groups surveyed. The offer of specific virtual courses is another of the actions that are implemented. Also, it is desirable to review the infrastructure and equipment to improve technological-organizational aspects, in order to positively impact the development of the tasks of the educational community, achieving greater inclusion.
KEYWORDS: higher education, Engineering, institutional management, perception, Covid-19 pandemic.

1 I INTRODUCCIÓN

En el año 2020, en Argentina como en la mayoría de los países del mundo, la aplicación de las medidas relacionadas con el aislamiento social preventivo y obligatorio, ocasionado por la pandemia de Covid-19, condujo a la suspensión inevitable de la educación presencial. Hecho que precipitó los tiempos para debatir sobre cuáles eran las mejores acciones a seguir, generando así un gran impacto en el ámbito educativo. Las dificultades sanitarias, económicas y sociales que produjo y sigue produciendo, atravesaron a toda la comunidad educativa que debió adaptarse sin elección, a esta situación (Alcántara

Santuario, 2020).

Según el informe del Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC), en América Latina las medidas de confinamiento o cuarentena se tomaron prácticamente de forma inmediata al comenzar la pandemia y con una perspectiva temporal larga, con la consiguiente suspensión de clases presenciales en las instituciones de educación superior (UNESCO-IESALC, 2020).

La comunidad del campo Educacional de distintas disciplinas se interpela a sí misma comenzando así, el año pasado, una etapa con diferentes indagaciones exploratorias que dan cuenta de una misma problemática, de modo transversal a nivel global (Bobadilla et al., 2020; Gómez-Arteta y Escobar-Mamani, 2021; Pardo Kuklinski y Cobo, 2020; Pequeño et al., 2020).

La Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), no fue ni es ajena a esta problemática, en la que se vieron inmersas las universidades, teniendo que aunar esfuerzos para lograr una adaptación de forma rápida y afrontar los nuevos retos que impone esta pandemia en la formación de ingenieros.

En este contexto, con la preocupación en la formación de ingenieros acorde con las necesidades de este nuevo entorno, es que dentro de las acciones de la gestión de la FI, se planificó y diseñó un relevamiento, en formato de encuesta, con la finalidad de indagar respecto a la percepción del trabajo en la virtualidad de todos los miembros de la comunidad de la Facultad de Ingeniería.

En este trabajo se presentan un conjunto de resultados que surgen del mencionado relevamiento, y las acciones estratégicas a llevar a cabo por parte de la gestión de la Institución con el fin de brindar herramientas para abordar la continuidad educativa en este nuevo escenario. En la Sección Desarrollo se describen aspectos de metodología e implementación de la encuesta. En la Sección Resultados no sólo se presentan los mismos, sino que también se hace un análisis en base a lo obtenido. Finalmente, se desarrollan las conclusiones resaltando los aspectos clave del trabajo y las consideraciones a futuro.

2 | DESARROLLO

El contexto internacional está inmerso en un nuevo escenario que plantea un cambio de época, a partir de una crisis mundial, que constituye una preocupación en la formación de un ingeniero acorde con las necesidades de este nuevo entorno, de la realidad en que vive, que sea capaz de dar soluciones, desenvolverse y encontrar el modo en que debe enfrentar estos cambios. Sin embargo, hay que considerar que la formación de ingenieros desde sus inicios ha estado vinculada a las diferentes transformaciones que la ha hecho evolucionar y a la vez enriquecerse.

Sumado a ello, la pandemia y la emergencia sanitaria han puesto en evidencia situaciones que se suelen infravalorar, tales como: la situación de vulnerabilidad, pobreza

mundial y desventaja social en la población. Así, el cambio abrupto de escenario de una universidad que tradicionalmente realizaba su docencia de manera presencial a una que desarrolla sus procesos de enseñanza-aprendizaje mediada por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), pudo haber generado tensiones en la gestión de las instituciones, en la forma de llegar a los estudiantes y en su proceso formativo. Situaciones que emergen planteando la necesidad de repensar una universidad diferente (Orihuela, 2020). La pandemia ha puesto en discusión una serie de tensiones que deben analizarse para vislumbrar los caminos hacia el cambio, tanto en lo inmediato como a mediano y largo plazo, avanzado hacia condiciones más integrales y críticas (Chehaibar, 2020).

Por ello, se considera importante compartir la información y llegar a tomar decisiones en consenso, lo cual se ha evidenciado positivamente producto de esta situación. Es necesario tener una mirada a mediano y largo plazo y resaltar las fortalezas y lo positivo que nos dejará esta situación (Giordano Lerena et al., 2020).

Tal como se expone, esta crisis mundial ha desatado un replanteamiento de la prestación de servicios educativos a todos los niveles. El uso intensivo de todo tipo de plataformas y recursos tecnológicos para garantizar la continuidad del aprendizaje es el experimento más audaz en materia de tecnología educativa, aunque inesperado y no planificado. Actualmente, es preciso evaluar los resultados, aprender mejor qué es lo que funciona y por qué y utilizar los aprendizajes para reforzar la inclusión, la innovación y la cooperación en la enseñanza superior (UNESCO-IESALC, 2020).

3 I METODOLOGÍA

3.1 Población y muestra

La Facultad de Ingeniería de la UNMDP cuenta con diez carreras de grado y ocho carreras de postgrado (tres especializaciones, una maestría y cuatro doctorados) de forma presencial y una maestría internacional en modalidad a distancia.

La comunidad educativa de esta Facultad, está integrada por tres poblaciones, a saber: 554 docentes, 2244 estudiantes y 46 miembros del personal universitario (administrativos, técnico-profesional y mantenimiento, producción y servicios generales).

La muestra obtenida de cada población está dada por quienes respondieron la encuesta en forma voluntaria y anónima, la cual fue puesta a disposición de la comunidad educativa de la Institución a través de la plataforma Moodle de la Facultad, redes sociales oficiales y vía e-mail, tanto de forma individual como por las cuentas del Centro de Estudiantes y los Departamentos de Carrera.

Por esta razón, resulta en cada caso una muestra no probabilística, restringida a quienes respondieron por propia voluntad y por contar con los medios adecuados para hacerlo. Respondieron la encuesta 212 docentes, 781 estudiantes y 20 trabajadores universitarios.

Según sus planes de estudio, todas las carreras (a excepción de la maestría a distancia) poseen el formato de cursado en modalidad presencial, aunque en los últimos años, algunas asignaturas comenzaron a trabajar en forma gradual en la plataforma Moodle, con sus respectivas aulas virtuales. Durante el año 2020, por las razones conocidas por todos y mencionadas en la Introducción, se implementó la modalidad de cursada virtual para todas las asignaturas y con ella, el trabajo virtual para toda la Institución.

Con el objetivo de indagar respecto a la percepción del trabajo en la virtualidad de toda la comunidad de esta Facultad, para detectar debilidades y fortalezas y tomar decisiones de gestión, se propuso:

(a) Obtener información respecto a los principales cambios en la práctica de enseñanza y aprendizaje.

(b) Indagar necesidades de infraestructura y organización en la virtualidad y para una transición futura a la presencialidad.

(c) Obtener información sobre las cuestiones a rescatar del trabajo en virtualidad para generar acciones y potenciarlas hacia el futuro.

(d) Detectar qué cuestiones no se desarrollaron de la mejor manera del trabajo en virtualidad y proyectar sus modificaciones.

3.2 Instrumento

El instrumento utilizado fue una encuesta para evaluar las percepciones de una población, tipo cuestionario con preguntas abiertas y cerradas (Hernández Sampieri et al., 2014). Se diseñó en un Formulario (*Google Forms*) destinado a las tres poblaciones mencionadas: Docentes, Estudiantes y Personal universitario. La misma fue diseñada en función de los objetivos propuestos y se estructuró en ejes para cada población. Estos ejes son: académico, vinculado a la experiencia de enseñanza y aprendizaje; organizativo, explora el desarrollo de las actividades laborales en general; tecnológico, indaga sobre la disponibilidad de recursos para la virtualidad; reflexión, vinculado a la percepción de la experiencia en la virtualidad en pandemia.

A continuación, se describen características de las encuestas diagramadas y autoadministradas:

1) *Encuesta docente:* consta de 32 preguntas. Se comparan grupos por respuestas obtenidas en cuanto a: su antigüedad docente, si tiene otros docentes a cargo, el tipo de asignatura (3 grupos según su carga experimental) y si se desempeña o no en una asignatura del ciclo básico. Además se pregunta respecto a su experiencia pedagógica (Eje Académico), su preparación para la la virtualidad, identificando sus necesidades (Eje Tecnológico), el impacto en su vida personal (Eje Organizativo), y sus expectativas para el regreso a las aulas (cómo, en qué espacios, y el acompañamiento requerido) (Eje de Reflexión). En el caso de desempeñarse en más de un cargo docente, se les solicitó a los encuestados responder por el que se sintiera más representado.

2) *Encuesta estudiantil:* consta de 21 preguntas. Se comparan grupos por respuestas obtenidas en cuanto a ciclo básico/ciclo superior, tipo de asignaturas que cursó, conectividad, ocupación laboral y evaluación de su aprendizaje en función de la virtualidad. Los ejes que estructuraron la encuesta fueron el Académico (experiencia de aprendizaje en la virtualidad), el Tecnológico, el Organizativo y el de Reflexión. Ante el cursado en simultáneo de asignaturas, se solicita que el estudiante responda teniendo en cuenta una visión más integral de su experiencia durante el año, sin puntualizar en las particularidades de cada una de ellas.

3) *Encuesta al Personal Universitario*: consta de 18 preguntas. Se comparan grupos por respuestas obtenidas en cuanto a: antigüedad en el cargo, las diferentes perspectivas por el tipo de trabajo según su agrupamiento (Administrativo, Mantenimiento, Producción y servicios generales y Técnico profesional), y si en su tarea se realizan actividades de atención al público. Los ejes que estructuraron la encuesta fueron el Organizativo, el Tecnológico y el de Reflexión.

4 I RESULTADOS

La encuesta se autoadministró a partir del 14 de diciembre de 2020 y se aceptaron respuestas hasta el 19 de febrero de 2021, periodo con actividad académica.

A continuación, se presentan los resultados más representativos que dan respuesta a los objetivos planteados en este trabajo.

Con respecto al perfil de los encuestados:

Docentes. Del total de docentes que respondieron la encuesta un 69,8% se desempeña en asignaturas del ciclo superior. Adicionalmente, el 48,6% ha respondido como Profesor de asignatura y un 26,9% como Jefe de Trabajos Prácticos, dando un total de un 75,5 % que tiene a cargo a otros docentes, entendiendo que las respuestas provienen de docentes que tienen una visión más integral de las asignaturas pudiendo expresar los cambios para llevar adelante la propuesta pedagógica en la virtualidad.

Estudiantes. El 57,6% de las respuestas corresponde a estudiantes que cursaron asignaturas del ciclo superior.

Personal universitario. El 60% de las respuestas obtenidas corresponde a personal que tiene más de 10 años de antigüedad. Existe una destacada mayoría de respuestas de aquellos trabajadores que cumplen tareas administrativas (75%), mientras que el sector con tareas técnico-profesionales constituye un 20% de la muestra.

En cuanto a la percepción de la experiencia en la virtualidad (eje de Reflexión), la Figura 1 muestra las respuestas dadas por cada grupo de interés, en una escala de “excelente” a “muy mala”. Se puede observar que el personal universitario fue el que manifiesta haber tenido una experiencia más positiva, seguido por la visión docente.

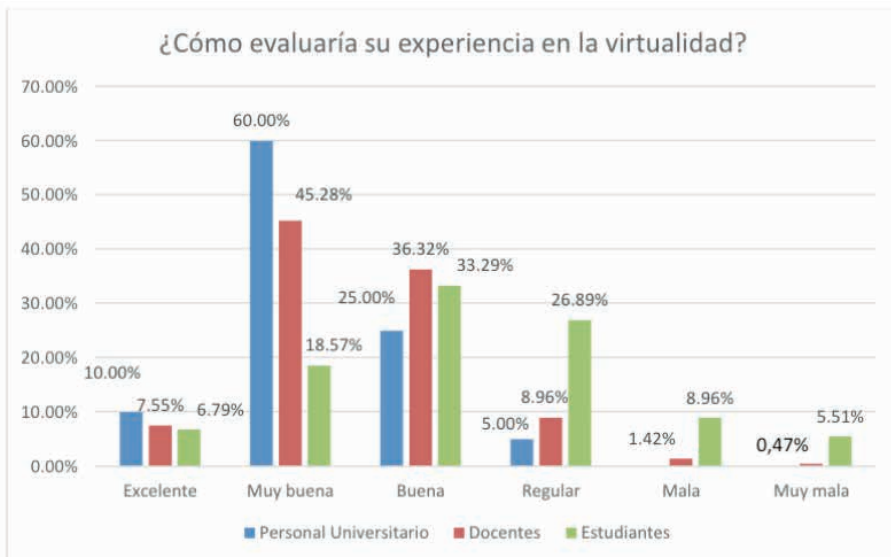



Figura 1: Percepción de la experiencia en la virtualidad.

La Tabla 1 resume los resultados para las respuestas consideradas positivas, constituidas por el agrupamiento de las categorías “excelente”, “muy buena” y “buena”.

Percepción de la Experiencia en la Virtualidad. Respuestas consideradas positivas que incluyen las categorías “Excelente”, “Muy Buena” y “Buena” dadas por los grupos encuestados		
Docentes	Estudiantes	Personal universitario
90%	59%	95%

Tabla 1: Respuestas positivas por grupo de interés para la percepción de la experiencia en virtualidad.

Es de destacar que para la mayoría, tanto del grupo Docente como del grupo del Personal universitario, la experiencia en la virtualidad durante la pandemia ha resultado positiva, superando el 90% de respuestas. En cuanto al grupo Estudiantes, aproximadamente un 60% ha considerado la experiencia como positiva, lo cual deja planteado a futuro indagar más profundamente las problemáticas de los que dieron otro tipo de respuesta o no contestaron.

En cuanto al eje Académico, se presentan los resultados vinculados a los aspectos de enseñanza y aprendizaje en los que se observan mayores dificultades para los Docentes (Tabla 2) y Estudiantes (Tabla 3).

Evaluar	70,00%
Disponer de tiempo suficiente para tareas docentes	47,64%
Interacción con los estudiantes	47,17%

Tabla 2: Aspectos de enseñanza-aprendizaje con mayores dificultades en virtualidad para los Docentes.

Comunicación con los docentes	50,83%
Consultas por videoconferencia	48,66%
Los exámenes	45,58%

Tabla 3: Aspectos de enseñanza-aprendizaje con mayores dificultades en virtualidad para los Estudiantes.

Se puede decir que ambos grupos coinciden en señalar que las instancias evaluativas y la interacción docente-estudiante son los aspectos donde se han presentado dificultades en un gran porcentaje de casos.

Otra cuestión importante que se refleja en el relevamiento es la percepción por parte de Docentes y Estudiantes acerca del cumplimiento de los objetivos de enseñanza y de aprendizaje. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2 y la Figura 3 respectivamente. Para el grupo Docentes, ambos objetivos se han cumplido total o parcialmente. Sin embargo, para alrededor de un 35% de los estudiantes, éstos no se cumplieron.

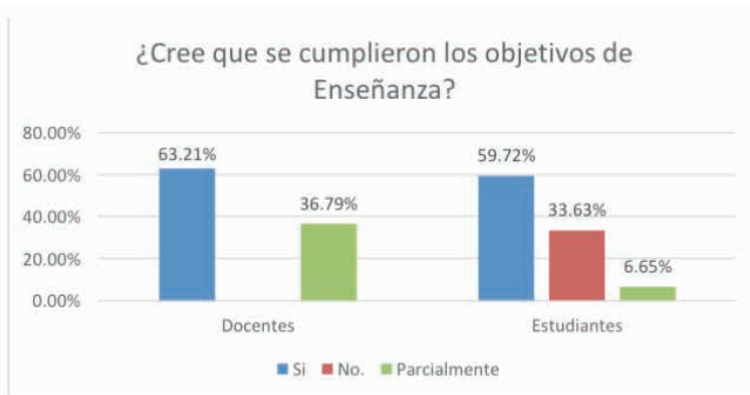



Figura 2: Percepción del cumplimiento de los objetivos de enseñanza en la virtualidad

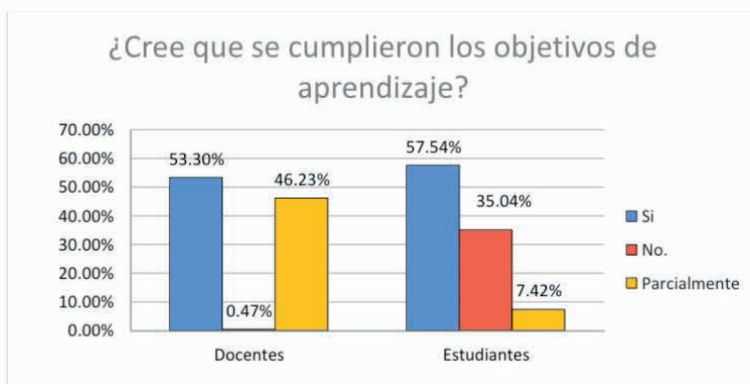



Figura 3: Percepción del cumplimiento de los objetivos de aprendizaje en la virtualidad

En cuanto a las dificultades encontradas por el Personal Universitario, éstas se dieron principalmente en los ejes Organizativo y Tecnológico, según se observa en la Tabla 4, siendo la conectividad uno de los puntos a resaltar.

La organización familiar	45%
La conectividad	40%
Contar con un espacio para trabajar	25%

Tabla 4: Aspectos con mayores dificultades en virtualidad para el Personal universitario.

Un tema fundamental vinculado al eje Tecnológico y que atraviesa a los tres grupos de interés es la necesidad de capacitación para las tareas en virtualidad. La Tabla 5 presenta los resultados, indicando el porcentaje de los encuestados que desea capacitarse, mencionando áreas de interés por grupo.

¿Considera que necesita capacitarse en educación en la virtualidad?		
Docentes	Estudiantes	Personal universitario
77% Evaluación, armado y edición de materiales didácticos	85% Técnicas de estudio, manejo de tiempos, control de ansiedad en situación de examen	60% Uso de herramientas informáticas y software específicos

Tabla 5: Necesidad de capacitación para la virtualidad en tareas específicas.

Por último, se presenta otro de los resultados significativos para esta etapa vinculado al eje Organizativo y Tecnológico desde el punto de vista de los Docentes y de la planificación de las asignaturas, indagando los recursos que serían necesarios para mejorar la experiencia en la virtualidad y con miras a un futuro con presencialidad. Se ha buscado tener un relevamiento de las necesidades de los docentes para que desde la gestión institucional se puedan planificar estos aspectos para mejorar el desarrollo de la actividad académica.

La Figura 4 muestra los resultados obtenidos.

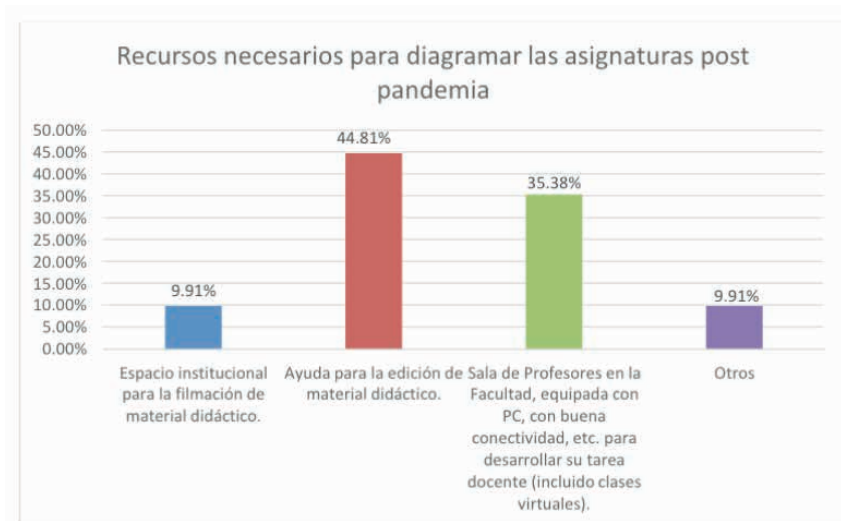



Figura 4: Recursos necesarios para mejorar la gestión de la asignatura según los docentes, pensando en un regreso a actividades presenciales.

Principalmente se observa la necesidad de tener asesoramiento en la edición de videos y elaboración del material didáctico; y por otro lado contar con una sala de Profesores equipada para desarrollar correctamente la actividad docente (con PCs y buena conectividad).

5 I ANÁLISIS Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN

Los resultados presentados permiten obtener un grado de percepción de lo que ha sido transitar la actividad universitaria desde la virtualidad para los actores que han respondido al cuestionario de relevamiento institucional. Aunque en términos generales esta percepción ha sido positiva, aún quedan varios aspectos por indagar. Por este motivo, una de las acciones que se plantea para presente y futuro es abrir el debate sobre los aspectos encuestados considerados clave (y otros nuevos también), de forma tal de lograr la participación de toda la comunidad para seguir enriqueciendo esta experiencia. Por ejemplo, indagar aspectos específicos sobre las asignaturas del ciclo básico, con cursos numerosos de estudiantes, para poder buscar estrategias de mejora a sus problemáticas.

Por otro lado, la necesidad de capacitación es un tema que ha surgido fuertemente entre los tres grupos. De esta manera, la oferta de cursos y charlas virtuales cubriendo temáticas de interés constituye otra de las acciones que se estudian, planifican y se ponen en marcha desde la gestión.

Finalmente, y pensando en un futuro próximo cuando se retomen paulatinamente actividades presenciales, es deseable revisar la infraestructura y equipamiento para mejorar aspectos vinculados a lo tecnológico y organizativo, de forma de impactar positivamente

en el desarrollo de las tareas de docentes, alumnos y personal universitario, logrando una mayor inclusión.

6 I CONCLUSIONES

Con el instrumento utilizado para realizar el relevamiento descripto, se buscó obtener un panorama global de las percepciones de los actores de la comunidad universitaria en la FI, indagando acerca aquellos puntos y vivencias que se consideraron centrales dentro de esta nueva experiencia, impuesta por la pandemia de Covid-19.

Se pudo obtener información valiosa respecto a los cambios producidos en las prácticas de enseñanza y aprendizaje, al pasar de una modalidad netamente presencial a una totalmente virtual. Encontrando entre las mayores dificultades la comunicación docente-estudiante y la evaluación. Posiblemente la manera de evaluar no haya sido la óptima para la modalidad virtual, por lo cual nos invita a reflexionar y repensar las formas y procesos de evaluación que se requieren para las carreras de ingeniería en los tiempos actuales.

Pero, a pesar de las dificultades encontradas, la experiencia brindó la oportunidad de una nueva forma de vincularse con los pares, como también del aprendizaje de estrategias pedagógicas y de herramientas informáticas. En este sentido se rescata el requerimiento de formación en recursos para el trabajo en la virtualidad, se puede observar la demanda en capacitaciones en temas vinculados a estrategias de estudio y de enseñanza, a la elaboración y edición de materiales didácticos y al uso de herramientas y software específicos (*Owncloud, Google Drive, Mantis*, etc.).

Habiendo realizado el análisis de los resultados obtenidos, y utilizando como marco de referencia para la salida de la crisis planteada, el propuesto por la UNESCO (2020), es que se han planteado las acciones a seguir. En este marco se considera tratar a la salida de una situación de crisis, como un proceso con distintas fases sucesivas, cada una de ellas con distintas prioridades. Pudiéndose traducir como una oportunidad de reestructuración de la provisión de la educación superior con mayor calidad y equidad.

Continuar, a pesar de la crisis sanitaria, garantizando la prestación del servicio en ausencia de posibilidades de presencialidad y, por tanto, la continuidad pedagógica a distancia. Generando espacios para el debate y reflexión acerca de las dificultades pedagógicas encontradas, ofreciendo además capacitaciones a través de jornadas, talleres, materiales audiovisuales, etc.

Reabrir, es decir, facilitar la reapertura de las actividades, con las limitaciones impuestas por las autoridades sanitarias, para reanudar paulatinamente las actividades pedagógicas presenciales. Así se han puesto en marcha actividades presenciales en los laboratorios y Plantas Piloto, siguiendo estrictos protocolos sanitarios.

Reestructurar, o pensar un nuevo modelo de organización de los procesos de

enseñanza y aprendizaje, típicamente híbrido, para mejorar la calidad y también la equidad. Se están llevando a cabo además modificaciones en la infraestructura, adaptación de aulas, sala de profesores, etc.

El valor de contar con este relevamiento, se centra en: tener una foto de la percepción de la experiencia de la continuidad del dictado de las carreras de ingeniería en formato virtual y que el equipo de gestión pueda tomar decisiones y realizar ajustes en tiempo real. Para garantizar que los estudiantes, el personal universitario y los docentes puedan desarrollar sus actividades del mejor modo dentro del escenario que implica seguir atravesando la Pandemia.

REFERENCIAS

Alcántara Santuario, A. (2020). **Educación superior y COVID-19: una perspectiva comparada.** En iisue, *Educación y pandemia. Una visión académica* (75-82). Unam: México. Recuperado de https://www.iisue.unam.mx/nosotros/covid/educacion-y-pandemia

Bobadilla., P., Alcántara., I., Rosenstock, N., Borlido, C., Cabral, P., Huertas, S. y Passarini, J. (2020). **El índice de actividad individual de los estudiantes en EVA y sus rendimientos académicos: el caso de Bioestadística Veterinaria.** *InterCambios. Dilemas y transiciones de la Educación Superior*, *7*(2), 171-188. Recuperado de https://dx.doi.org/10.2916/inter.7.2.15

Chehaibar, L. M. (2020). **Flexibilidad curricular. Tensiones en tiempos de pandemia.** En iisue, *Educación y pandemia. Una visión académica* (83-91). Unam: México. Recuperado de https://www.iisue.unam.mx/nosotros/covid/educacion-y-pandemia

Giordano Lerena, R., González Araujo, L., Larrondo Petrie, M. y Páez Pino, A. (2020). ***Reflexiones de Académicos Latinoamericanos en Pandemia.*** GEDC-ACOFI-CONFEDI-LACCEI. LACCEI Ediciones. Bogotá, Colombia. Recuperado de: https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2020/09/Libro-Reflexiones-de-Academicos-Latinoamericanos-en-Pandemia-2020.pdf

Gómez-Arteta, I. y Escobar-Mamani, F. (2021). **Educación Virtual en tiempos de Pandemia: incremento de la desigualdad social en el Perú.** *Chakiñan*, *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*. Recuperado de https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.1996

Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). ***Metodología de la investigación.*** Sexta edición. México: McGraw-Hill Interamericana.

Orihuela, J. L. (2020). **Repensar la universidad en cuarentena.** *Medium*. 10 de abril, 2020.

Pardo Kuklinski, H. y Cobo, C. (2020). ***Expandir la universidad más allá de la enseñanza remota de emergencia Ideas hacia un modelo híbrido post-pandemia.*** Outliers School. Barcelona. Versión en línea: Concepción gráfica: pica.agency, Barcelona.

Pequeño, I., Gadea, S., Alborés, M., Chiavone, L., Fagúndez, C., Giménez, S. y Santa Cruz, A. B. (2020). **Enseñanza y aprendizaje virtual en contexto de pandemia. Experiencias y vivencias de docentes y estudiantes de la Facultad de Psicología en el primer semestre del año 2020.** *InterCambios. Dilemas y transiciones de la Educación Superior*, *7*(2), 150-170. Recuperado de https://dx.doi.org/10.2916/inter.7.2.14

UNESCO-IESALC, Mayo de 2020. ***COVID-19 y educación superior: De los efectos inmediatos al día después. Análisis de impactos, respuestas políticas y recomendaciones.*** Recuperado de: http://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/05/COVID-19-ES-130520.pdf

CAPÍTULO 10

MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS EN LA ESTRUCTURA DE UN TECHO: ESTUDIO DE CASO

Data de aceite: 02/10/2023

Amanda Fernandes Pereira Da Silva
Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Civil, Centro Universitario Santo Agostinho

Marcos Alécio Campos Da Silva
Graduado en Licenciatura en Ingeniería Civil, Centro Universitario Santo Agostinho

Diego Silva Ferreira
Ingeniero Civil, Centro Universitario Santo Agostinho

Hildegard Elías Barbosa Barros
Ingeniero Civil, Centro Universitario Santo Agostinho

Lilian Vitória Viana Lima Santos
Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Civil, Centro Universitario Santo Agostinho

Elías Antonio De Sousa Gomes
Graduado en Licenciatura en Ingeniería Civil, Centro Universitario Santo Agostinho

Natanael Da Silva Lima
Graduado en Licenciatura en Ciencias en Ingeniería Civil, Centro Universitário Santo Agostinho

Trabajo presentado en el Congreso Brasileño de Ciencia y Sociedad (CBCS 2019), promovido por el Centro Universitário Santo Agostinho, del 3 al 5 de octubre de 2019, en Teresina-PI.

RESUMEN: Uno frecuente causa en daño en estructuras en madera Es El introducción en esfuerzos inadecuado adeudado a algunos cambios intencionados como, por ejemplo, adaptaciones y cambios de áreas, o pueden ser cambios accidentales como la prestación de apoyo. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo realizar un análisis de una cubierta de madera de un edificio residencial ubicado en Teresina-PI que presenta patologías de origen estructural con el fin de servir de base para futuras investigaciones y ser un referente del tema. Fundamento en literaturas Es con registro en imágenes hecho en loco, él era logrado uno levantamiento en datos que nos puedan ayudar a comprender las posibles causas de los problemas detectados y formular sugerencias que puedan resolverlos. Se encontró que la estructura se presentaba inestable con notorios desplazamientos y deflexiones y presentando algunas manchas que cambiaron el color de la madera. Por lo que

se propone que en el desarrollo de la obra o rehabilitación exista un plan de diseño que se debe seguir. en modo El controlar durabilidad para, este correo, venir El tener mantenimiento Es reparar de estructuras El base de madera, ya que este material tiene especificaciones muy altas propio.
PALABRAS CLAVE: Patología. Edificio. Techo. Estructuras de madera.

INTRODUCCIÓN

Al ser la madera un material anisotrópico, es decir, con propiedades mecánicas que dependen de la disposición de sus fibras, es necesario conocer la variabilidad natural que presenta este material. Tiene qué es directamente conectado hacia tipo en árbol en cual El la madera es extraído Es hacia tu actuación en contacto con oh ambiente. Cuánto El eso Es conocimiento qué ella Es en origen Natural, hacia Sus características son muy particulares, dando lugar a problemas constructivos que requieren análisis amplios y específicos.

El comportamiento mecánico de la madera tiene en cuenta la variabilidad que se produce entre especies (genética), presente en una misma especie (genética y factores ambientales) y la que se origina dentro de cada árbol (factores ambientales que contribuyen al crecimiento específico). desde el árbol). En consecuencia a partir de ese, El madera si convertirse uno material con importante heterogeneidad, pero que presenta propiedades ventajosas para su uso en construcción civil como durabilidad y solidez, esenciales en estructuras resistentes que requieren un desempeño adecuado.

Cabe aclarar que las principales causas del deterioro de la madera son los agentes abióticos. (físicos, productos químicos, atmosférico, pendiente hacia fuego, etc.) Es originario en anomalías estructural; y agentes bióticos (bacterias, hongos, insectos, perfumistas marinos, etc.) (BRITO, 2014). Por ello, es fundamental comprobar la calidad de la madera teniendo en cuenta su uso previsto. pretende.

En rostro hacia expuesto, Éste trabajar él tiene por meta lograr uno estudiar en caso en uno techo de madera en un edificio residencial ubicado en Teresina (PI), que presenta algunas patologías de origen estructural y algunas manchas que alteraron el color de la madera, donde fue posible determinar las posibles causas que llevaron a tales problemas, así como desarrollar algunas sugerencias para resolverlos.

METODOLOGÍA

La organización del trabajo se basó en dos etapas. La primera etapa consiste en presentar una breve explicación de cómo se originan las patologías en las construcciones de madera, abarcando definiciones genéricas de los agentes causantes de dichas patologías, dando mayor énfasis a los agentes físicos de origen estructural, ya que existe la hipótesis de que estos agentes han sido los principales causantes. de algunas de las patologías de la cubierta de madera en el caso de estudio, y algunas técnicas de resolución, basadas en

la literatura, para que sirvan de ayuda a la levantamiento en datos qué él era logrado del estudiar en caso. Y El segundo escenario, presentar El análisis completo del estudio de caso.

PATOLOGÍAS EN EL CONCEPTO DE CONSTRUCCIONES DE MADERA

Las Patologías Estructurales es un tema dentro del ámbito de la Ingeniería Civil que abarca el estudio de los orígenes, cómo se manifiestan, efectos y mecanismos de ocurrencia de las fallas en los sistemas estructurales. y/o en deterioro del elementos estructural (SOUZA; DESTRIPADOR, 1998). A pesar de, también debe abarcar la concepción estructural y del proyecto en términos de capacidad de desempeño futuro con la necesidad de rehabilitar y mantener seguras y estables las estructuras existentes, no restringiéndose solo al conocimiento y el proceso de identificación de patologías, sino también como la propia percepción del Ingeniero Civil sobre las estructuras. comportamiento a lo largo del tiempo, desde la concepción hasta el mantenimiento de la estructura (SOUZA; RIPPER, 1998).

AGENTES DETERIOROS DE LA MADERA

Como se mencionó anteriormente, las patologías en las construcciones de madera pueden ser causadas por cambios físicos o químicos en los elementos de madera (agentes abióticos) y degradación de sus propiedades, pérdida de idoneidad, por uso inadecuado o nuevas exigencias en su desempeño; por deterioro de ambientes que favorecen el desarrollo de sus depredadores como hongos, bacterias, insectos, etc. (agentes bióticos).

AGENTES ABIÓTICOS - AGENTES FÍSICOS

La modificación de condiciones iniciales (adaptaciones, alteración de áreas) y/o cambios de uso (cesión de apoyos, accidentales) en estructuras de madera generan esfuerzos inadecuados, los cuales han sido causa frecuente de problemas y daños constructivos (CRUZ, 2001).

Hacia patologías pendiente El agentes abiótico (físicos) compromiso oh operación estructura estructural en un techo de madera, por ejemplo, provocando inestabilidad, remoción de elementos estructurales, fracturas incipientes, movimiento de conexiones y distorsiones, deformaciones, desplazamientos y deflexiones y defectos naturales de la madera (CRUZ, 2001).

PATOLOGÍAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL (AGENTES FÍSICOS)

El uso inadecuado, sobrecargas accidentales, falta de mantenimiento o cambios intencionales de uso y/o ampliaciones a la estructura original, resultado de muchos años de

servicio, pueden generar problemas desastrosos donde pueden surgir defectos por fallas de diseño y diseño estructural, una inadecuada ejecución de conexiones. Aún persisten fallas en la elección y selección de materiales durante el servicio de ejecución y sin los cuidados necesarios, además de casos de fallas en el mantenimiento correctivo [(MACHADO et al., 2009); (CRUZ, 2016); (COSTA, 2009); (DRIEMEYER, 2009); (BRANCO et al., 2012)]. Estos son los factores más relevantes que provocan la aparición de patologías en las estructuras de madera. A continuación se describirán sucinto alguno del principal tipos en deterioros en estructuras en madera originario de agentes físicos.

- Eliminación en elementos estructural: Es muy común encontrarse estructuras en techumbre madera dañada por el retiro de sus partes para instalación de servicios públicos, durante renovaciones o como resultado de un mantenimiento incorrectamente diseñado, además de otras actividades de carpintería [(MACHADO et al., 2009); (CRUZ, 2016); (BRANCO et al., 2012); (BRITO; CALIL, 2012)]. Así como cortes o remoción de vigas o partes de elementos estructurales en tensión. Reducir la sección de vigas y transversales también puede reducir su capacidad resistente (CALIL, 2006).
- Deformaciones, desplazamientos y deflexiones: pueden indicar carga excesiva, que requiere corrección con un mantenimiento adecuado [(MACHADO et al., 2009); (BRANCO et al., 2012); (CALIL, 2006); (ARRIAGA et al., 2002); (ALVIM, et al., 2011)]. En estructuras más antiguas, el desplazamiento puede deberse al efecto de fluencia o secado debido a la condición de madera verde. Esto puede o no conducir a problemas estructurales (CALIL, 2006).
- Inestabilidad: las manifestaciones patológicas de las estructuras de madera muchas veces pueden estar relacionadas con fallas en el diseño, análisis, construcción y uso. La inestabilidad generalmente se puede observar en desplazamientos laterales excesivos o en movimiento del marco, generalmente causados por daños, cortes o falta de barras de arriostramiento (CALIL, 2006). Los tipos de inestabilidad más comunes en estructuras de madera son: inestabilidad local (inestabilidad lateral en vigas y pandeo en columnas) e inestabilidad global de la estructura. estructura.

AGENTES QUÍMICOS

Contacto de la estructura de madera con productos químicos. A continuación se muestran algunos ejemplos (RITTER; MORRELL, 1990).

- Bases fuertes que atacan a la hemicelulosa y la lignina, dejando la madera con un color blanquecino;
- Los ácidos fuertes atacan la celulosa y la hemicelulosa, provocando pérdida de peso. Es resistencia; Refiriéndose al efecto de la corrosión sobre la madera, surgen degradaciones. en ambientes marinos Es áreas industrial. Cuando El humedad en madera reaccionar con oh hierro en uno conexión

el metal es lo que caracteriza la apariencia de la corrosión (BRITO, 2014).

AGENTES ATMOSFÉRICOS

Provocan cambios de color y textura, alterando la parte estética de la madera y pudiendo volverse más claras u oscuras debido a la intemperie. En ambientes exteriores, es la acción de la lluvia, la radiación solar y los ciclos de secado y humidificación los que degradan la madera.

AGENTES BIÓTICOS

Las bacterias atacan la madera cuando está enterrada o sumergida, provocando se “perfora” y aumenta su higroscopicidad.

Ya tú hongos (basidiomicetos Es ascomicetos), descomponer El madera en semejante molde El causa el suyo putrefacción. Y ellos pueden si proliferar pendiente El manchas en humedad por infiltraciones Detectado visualmente por la variación en el color de la madera.

Y los barrenadores marinos, los organismos marinos que dañan la madera, se pueden dividir en dos categorías: moluscos y crustáceos. Los teredos son los más conocidos entre los moluscos. Limnoia es el crustáceo xilófago más extendido en el mundo (MENDES; ALVES, 1988).

ALGUNAS TÉCNICAS DE REPARACIÓN

El proceso de recuperación se divide en dos categorías (RITTER; MORRELL, 1990):

1. La degradación existente no afecta el desempeño estructural de la madera. Las posibles técnicas utilizadas son: fumigación, inyección, aspersión y cepillado;

2. Implica El restauracion desde el capacidad en cargar requerido para El estructura en madera, así como las condiciones iniciales. Las técnicas más utilizadas para realizar estas recuperaciones son: tradicional - El estructura en madera Es reforzado con nuevo partes, en dimensiones Es tamaños similares a los originales; método mecánico - las reparaciones estructurales se realizan utilizando conectores metálicos y el método adhesivo - se utilizan variaciones de resinas epoxi combinadas con piezas metálicas para hacer refuerzos (ETTEM; ROBINSON, 1991).

ESTUDIO DE CASO

El caso de estudio se refiere a un techo de madera de un edificio residencial de 2 pisos. situado en teresina (PI) qué presenta misceláneas patologías. Inicialmente él era Se llevó a cabo una recopilación de datos a través de entrevistas informales con los propietarios de los edificios sobre la condiciones en servicio en qué él era ejecutado oh

techo para, así, facilitar oh comprensión en cuanto a posible causas qué ellos pueden tener implicado oh aparición de patologías encontró. En un trato con El entrevista tenemos hacia siguiente información: oh techo Es en madera Palo d'arco (para ver Figura 1). La elección y selección del material se debió a su uso en estructuras de techos de madera vista con gran resistencia al ataque de termitas, condiciones climáticas y por cuestión estética, por su exposición; No ha habido ningún proceso de mantenimiento desde su implementación, la cual se realizó en 1985; La viga tiene una dimensión de 7x14. Tiene un espesor menor al previsto en el proyecto para la distancia a la que se utiliza, por lo que está recibiendo uno cargar inadecuado; A nosotros apoya lados desde el haz qué presenta hacia patologías parte el yeso se desprendió (ver Figura 2); No se eliminaron elementos estructurales; Presencia en trama (listones, vigas Es martes). Pero hay guarniciones malo hazañas en tejas soportado en el lamas que generan algunas goteras en periodos de lluvia como se ve en la Figura 3.

FIGURA 1. Vista general de la cubierta de madera Pau D'arco

Fuente: propio autor, 2017.

FIGURA 2. Viga doblada con fluencia de apoyo

Fuente: propio autor, 2017.

Una forma de determinar cuánto se deformó esta viga en la Figura 2 del techo del estudio de caso. Es si conoce hacia recetas desde el estándar Es a través de desde el fórmula El seguir. Y importante citar que existe la posibilidad de que el corte actúe sobre la viga y por eso se dobla ya que es un esfuerzo en dirección longitudinal y provocado por una fuerza cortante actuante que en este caso sería el peso del propio alma que se descarga sobre la viga. haz. El análisis de los casos más simples se realiza únicamente en relación hacia estado límite en usar qué definir hasta cuánto él puede haber deformaciones. Y en En relación a estos, los desplazamientos finales, que presentan instantáneos sumados a los de fluencia, tienen que ser ser menor qué tú valores Límites para qué No Acto daño a nosotros elementos qué ellos son conectado El transporte de viga en consideración oh malestar del usuario. Así, El condición para qué eso suceder Es que la deflexión en función de su carga (f e f) y el valor que la norma permite para vigas de madera según los casos (f lim) está dado por la siguiente ecuación por razones de seguridad (NBR 7190:1997).

$f_{ef} \leq f_{lim}$

El hundimiento se calcula según la siguiente fórmula.

$$Flecha = f = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I}$$

Donde q: cargando;

L: ir;

E: módulo de elasticidad;

I: momento de inercia.

FIGURA 3. Baldosas mal colocadas

Fuente: propio autor, 2017.

Con base en la información anterior, el análisis realizado sobre las fotografías registradas y mediante la asociación con el marco teórico, se vio claramente que existe la hipótesis de que la mayoría de las patologías son causadas por agentes físicos (abióticos) de origen estructural y otras patologías causadas por por un agente biótico debido a unas manchas de humedad (infiltración) identificadas por la variación del color de la madera como se puede observar en la Figura 4. Las conclusiones a las que se llegó se presentan a continuación.

FIGURA 4. Manchas de humedad

Fuente: propio autor, 2017.

Manifestación de patologías: Flechas observables con deformaciones y desplazamientos visibles (ver Figura 2) **;** Inestabilidad lateral (ver Figura 2) **;** Prestación de apoyo **;** Sobrecarga **;** Manchas con variación de color (ver Figura 4).

Causas: Falta de mantenimiento frecuente **;** Sección insuficiente para su uso **;** Cambios intencionales **;** Resultado de muchos años de servicio **;** Fluidez (aumento de flechas) **;** Fallos de uso, análisis y diseño **;** Deficiencia de nivelación de los elementos (paredes), donde se realizan las entradas de las vigas **;** Error en las conexiones entre elementos estructurales **;** Infiltración generada por filtraciones por mala colocación de losetas.

Decisión en intervención: Para para eliminar hacia manchas en estructura en madera, se sugiere, Después de limpiar la zona, utilice un producto Clareant (sal agria) para eliminar las manchas y cualquier otro residuo mediante el cepillado. Y es necesario volver a colocar las tejas apoyadas sobre las lamas donde se puedan unir para evitar desplazamientos y, así, evitar gotea. Para reemplazar Total o parcialmente de madera utilizando soluciones modernas en cuanto a diseño, materiales y técnicas de conexión utilizadas, manteniendo algunas soluciones originales (rehabilitación con reposición total). o parcial desde el solución). Se sugiere qué El rehabilitación, o refuerzos, es hecho con cobre juntas externas, con El técnica en aumentar desde el geometría del elemento, dónde involucra El suma en material que puede ser madera, de las mismas características y

dimensiones que el original, o láminas metálicas unidas con tornillos, para dar rigidez a los elementos estructurales existentes. Así, la sección efectiva y, en consecuencia, la inercia aumentan junto con la capacidad de carga, reduciendo significativamente las deformaciones excesivas y las deflexiones observables (RITTER; MORRELL, 1990). Las rehabilitaciones con juntas de cobre pueden ser mediante empalme de juntas de cobre en tramos específicos específicos [ver Figura 5 - A)], y con mayor inercia con la adición de cobre en juntas paralelas, ver Figura 5 - B).

FIGURA 5. A): Empalmes o refuerzo con uniones externas de madera atornilladas con cobre donde se restablece la transferencia de carga en un punto de ruptura; B): Los empalmes de cobre junto con láminas metálicas externas atornilladas paralelas, está más asociado al refuerzo de elementos donde la capacidad resistente es insuficiente.

Fuente: UZIELLI, 1995.

CONCLUSIÓN

Es importante aclarar que aún con la evolución tecnológica de las industrias de la construcción adaptándose a métodos cualitativos en sus productos, tienden a aparecer patologías, las cuales son causadas por errores en la ejecución, diseño y mantenimiento. Recomendando qué, con relación hacia mantenimiento, qué ser hacia preventivo, a pesar de grande parte del casos es hacia correctivos. Entonces con hacia preventivo puede ser presumir posible fracasos Es defectos a lo largo de la vida útil del estructura.

Este trabajo es adecuado como consultoría para estudios relacionados con el tema, ya que los problemas detectados pueden prevenirse en las etapas de construcción. Y con estos problemas, el caso de estudio vio la necesidad de reforzar la estructura de madera por deformaciones. Es flechas aparente, principalmente. Además a partir de ese, uno planificación en concepción los cuales se deben seguir correctamente para que la madera a utilizar garantice durabilidad y rendimiento en servicio.

REFERENCIAS

ALVIM, RC; VELOSO, LACM; ALMEIDA, PAO; ALVIM, RAA Metodología para Evaluación de seguridad de estructuras tipo Hauff en grandes cubiertas de madera en Brasil. Anais CIMAD 11, Coimbra, 2011.

ARRIAGA, F.; PERAZA, F.; ESTEBAN, METRO.; BOBADILLA, I.; GARCÍA, F. Intervención es estructuras de madera. España: Editora AITIM, 2002.

ASOCIACIÓN BRASILEÑA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Diseño de estructuras de madera. Río de Janeiro, 1997.

BLANCO, F.; BRITO, J.; Flores, I.; GASPAR, F.; SANTOS, S.; PAULO, P.; CAMPOS, J.; Alejandro, J. Diagnóstico y patología de las construcciones de madera. Curso de Inspección y Rehabilitación de Obras, Módulo IR2, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2012.

BRITO, I. D.; CALIL J.R., w. Evaluación por visual inspección Técnica de Hauff tipo madera estructura del tejado en Ellos son carlos Club Gimnasio en Brasil. LNEC - Laboratorio Nacional en Ingeniería Civil, Lisboa, 2012.

BRITO, LD Patología en Estructuras de Madera: Metodologías de Inspección y Técnicas de Rehabilitación. Tesis (Doctorado) - Curso de Ingeniería Estructural, Departamento de Ingeniería Estructural, São Carlos, 2014.

CALIL JR Manual para el diseño y construcción de puentes de madera. 2006. Disponible en: <h t tp://www.set.eesc.usp.br/portal/pt/livros/361-manual-de-projeto-e-construcao-de-pontes-de-adeira > Consultado el: 26 dic. 2017.

CRUZ, H. Patología, evaluación y conservación de estructuras de madera. II Curso Gratuito de Patrimonio Internacional. Asociación Portuguesa de Municipios con centro histórico. Foro UNESCO Portugal. Santarém, 2001.

CRUZ, H. Patología en Estructuras de Madera: Acción de Agentes Biológicos. 2016. Disponible en: < http://www.set.eesc.usp.br/static/media/producao/2014DO_LeandroDussarratBrito.pdf > Consultado el: 26 dic. 2017.

DRIEMEYER, RA Contribuciones para la conservación del patrimonio histórico construido en madera en la ciudad de Antônio Prado/RS. Tesis (Maestría) de Posgrado en Ingeniería Civil, Centro Tecnológico, Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

ETTEM, CJ; ROBINSON, GC La Reparación de Madera Estructural. Conferencia Internacional de Ingeniería de la Madera de Londres, Londres, 1991.

MACHADO, JS; DÍAS, A.; CRUZ, H.; CUSTÓDIO, J.; PALMA, P. Evaluación, Conservación y Refuerzo de Estructuras de Madera. Portugal: Editora Verlag Dashöfer, 2009.

MENDES, A. de S.; ALVES, MV da S. La degradación de la madera y su conservación. Brasilia: Ministerio de Agricultura, 1988.

RITTER, MA; MORRELL, JJ Puentes de Madera: Diseño, Construcción, Inspección y Mantenimiento. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA, Servicio Forestal, Estados Unidos, 1990.

COSTA, LS Tipificación de soluciones para la rehabilitación de suelos estructurales de madera en edificaciones antiguas. Tesis (Maestría) Facultad de Ingeniería, Universidad de Porto, Portugal, 2009.

SOUZA, VCM; RIPPER, T. Patología, recuperación y refuerzo de estructuras de hormigón. São Paulo: Editora Pini, 1998.

UZIELLI, L. Restauración de estructuras de madera - Reparación y refuerzo. Università degli Studi di Firenze, Países Bajos, 1995.

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA - Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA), Mestra em Ciência e Engenharia dos Materiais pelo Programa de Pós-Graduação (PPGCM) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Doutoranda em Ciência e Engenharia dos Materiais pelo Programa de Pós-Graduação-UFPI. Foi Aluna Especial na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Atuou na área de pesquisa Materiais Magnéticos, Semicondutores e Semicondutores Magnéticos Diluídos com aplicações antibacterianas sob orientação do Professor Doutor Ramón Raudel e Professora Doutora Francisca Araújo. Além disso, seus temas de interesse são: Construção Civil, Patologia das Construções, Materiais da Construção Civil, Perícia Judicial, Concreto, Análise do Comportamento de Solos, Engenharia de Materiais, Ensino de Engenharia e Educação à Distância. Atualmente, está inserida na área de linha de pesquisa de Materiais Conjugados e Poliméricos na Universidade Federal do Piauí-UFPI.

A

Ánodos 17, 18, 20, 21, 28

Antioxidantes 44, 45, 51, 54

B

Baterías de ion-litio 17, 18, 20, 26, 28

Bicicleta 1, 2, 3, 6

C

Cambio climático 1, 2

Cilindro 32, 33, 34, 35, 42

Cinética de secado 7, 10, 12, 15

Colorimetría 7, 8, 9, 13, 14

Congelado Kcaya 45

Convección de calor 32

D

Desarrollo de la creatividad 56

Dinamo 1, 2, 3, 4

Dióxido de carbono 2

E

Edificio 1, 97, 98, 101

Educación superior 2, 61, 85, 86, 94, 95, 96

Electricidad 2

Electrodos 17, 18, 20, 21, 25, 26, 27, 28, 29

Enseñanza de la física 55

Escala CIELAB 7

Estructuras de madera 98, 99, 100, 105, 106

F

Fluido 32, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 42

G

Gestión institucional 85, 92

I

Índice UV 62

Ingeniería 6, 7, 10, 11, 32, 44, 54, 55, 56, 57, 59, 61, 70, 84, 85, 86, 87, 94, 95,

97, 99, 106

Innovación didáctica 55, 56

Interfaz gráfica 62, 63, 66, 68

M

Modelo empírico 62, 63, 68

N

Nanohilos 17, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28

O

Oca 44, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 54

P

Pandemia Covid-19 84

Patología 98, 106

Percepción 70, 72, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 99

Plan de manejo 70, 71, 72, 74, 78

Plantas aromáticas 7, 8, 12, 16

Pseudoplástico 32, 40

R

Reformulación de la práctica docente 56

Residuos sólidos 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 80, 81, 82, 83

S

Secado solar 7, 11, 15

Silicio amorfo 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29

T

Techo 78, 97, 98, 99, 101, 102, 103

Transporte 2, 3, 6, 82, 103

V

Valorización 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 79, 80

INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023

INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2023